МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА
ВНИМИ

УКАЗАНИЯ

по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР

Ленинград
1978

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА
ВНИМИ

УКАЗАНИЯ

по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР

Издание 2-е дополненное

Ленинград
1978

УДК 622.268:622.831.31

Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. (Изд. 2-е). Л., 1978, с. 212 (М-во угольной пром-сти СССР. Всесоюз. науч.-исслед. ин-т горн. геомех. и маркшейд. дела).

«Указания...» регламентируют выбор места расположения, способов и параметров охраны и поддержания всех вскрывающих и подготавливающих угольные пласты к разработке горных выработок при проектировании, строительстве и эксплуатации шахт Министерства угольной промышленности СССР.

Принимаемые согласно положениям «Указаний...» решения должны удовлетворять отраслевым правилам безопасности и технической эксплуатации, специальным инструкциям по безопасному ведению горных работ в особых условиях, а также типовым технологическим схемам подготовительных и очистных работ.

Настоящее издание «Указаний...» дополнено главой «Охрана и поддержание подготовительных выработок при разработке свиты пологих и наклонных тонких и средней мощности пластов» и разъяснениями к первому изданию «Указаний...».

Ил. 70, табл. 64.

© Всесоюзный научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела ВНИМИ, Л., 1978

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Наименование величины	Обозначение и размерность
Горнотехнические условия	
Глубина от поверхности	H, м
Угол падения (залегания) пород и пластов	α, градус
Мощность пластов и породных слоев	m, м
Время	t, ч, сут, мес
Ширина предохранительных целиков	l, м
Расстояние между смежными параллельными выработками	L, м
Угол между сопрягающимися и пересекающимися выработками	β, градус
Расстояние от выработки до надрабатывающего пласта	$h_н$, м
Расстояние от выработки до подрабатывающего пласта	hп, м
Площадь сечения выработок	S, $м^2$
Высота выработки	h, м
Ширина выработки	b, м
Радиус сечения выработки	r, м
Диаметр сечения выработки	d, м
Механические свойства угля и пород «в куске»	
Объемный вес	γ, $тс/м^3$, $кгс/см^3$
Предел прочности пород на сжатие	R_c, $тс/м^2$, $кгс/см^2$
Расчетная прочность пород	R_c^p, $тс/м^2$, $кгс/см^2$
Модуль упругости (деформации)	E, $тс/м^2$, $кгс/см^2$
Коэффициент Пуассона	μ
Угол внутреннего трения	ρ, градус
Проявления горного давления и сдвижения пород	
Расчетное давление пород на крепь выработки	p, $тс/м^2$
Смещение пород в выработку	U, мм
Скорость смещения пород в выработку	v, мм/сут
Относительные деформации сжатия и растяжения массива	ε
Крепи выработок	
Несущая способность крепи и штанг	P, тс
Допустимая (предельная) податливость крепи	Δ, мм
Плотность установки крепи	П, 1/м, $1/м^2$
Толщина крепи	δ, мм, см

Наименование величины	Обозначение и размерность
Расчетные коэффициенты	
Прочность и деформируемость пород	f
Горнотехнические и геологические условия . .	k
Нормативно-расчетные	n

Условные обозначения величин для конкретных условий имеют дополнительные знаки, например: H^{p} – расчетная (приведенная) глубина от поверхности.

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшими условиями высокоэффективной и безопасной работы угольных шахт являются обеспечение рабочего состояния всей сети горных выработок от поверхности до очистных забоев с минимальными затратами на их проведение и поддержание и снижение потерь угля в недрах.

Актуальность обеспечения рабочего состояния горных выработок постоянно возрастает в связи с переходом горных работ на шахтах СССР на большие глубины. С увеличением глубины интенсивно возрастает горное давление, поэтому применяемые способы охраны и крепи во многих случаях, особенно при расположении выработок на больших глубинах в слабых породах, не обеспечивают их безремонтного поддержания или приводят к значительным потерям угля в целиках.

Выполненные в последние годы научно-исследовательские и опытно-промышленные работы показали, что даже на больших глубинах возможно обеспечить в различных горно-геологических условиях безремонтное поддержание горных выработок со снижением потерь угля за счет правильного выбора расположения выработок, способа их охраны и крепи. Однако практическое использование имеющихся прогрессивных разработок в проектных институтах, шахтостроительных организациях и на шахтах затруднялось из-за отсутствия единого отраслевого документа, регламентирующего расположение, охрану и поддержание горных выработок.

Настоящие Указания составлены ВНИМИ по заданию Минуглепрома СССР с целью принятия при проектировании, строительстве и эксплуатации угольных шахт отрасли наиболее рациональных и прогрессивных способов охраны и средств поддержания горных выработок, обеспечивающих в большинстве условий их безремонтное поддержание в течение всего срока службы и минимальные потери угля.

Указания составлены на основе анализа и обобщения научно-исследовательских и опытно-промышленных работ, выполненных на шахтах отрасли ВНИМИ и его филиалами, ИГД им. А. А. Скочинского, ДонУГИ, ПечорНИИпроектом, КНИУИ, КузНИУИ, ПНИУИ, ВНИИОМШСом, КузНИИшахтостроем, ЛГИ, МГИ, КГМИ, СГИ, ДПИ, КузПИ, КарПИ, ИГМ им. Г. А. Цулукидзе, АН Грузинской ССР, ИФ и МГП АН Киргизской ССР и ИГД СО АН СССР. При составлении Указаний также учтены предложения и замечания управлений и организаций Минуглепрома СССР. Указания одобрены и рекомендованы НТС Госгортехнадзора СССР.

Работа по составлению Указаний выполнена большим коллективом сотрудников ВНИМИ и его филиалов с привлечением специалистов в области охраны и поддержания выработок других перечисленных институтов под общим руководством К. А. Ардашева, а также А. М. Козела (стволы), Ю. М. Басинского (околоствольные и магистральные выработки) и Н. П. Бажина (подготовительные выработки).

1. ОБЛАСТЬ И УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1. Настоящие Указания применяются при проектировании, сооружении и эксплуатации всех основных вскрывающих и подготавливающих угольные пласты к разработке горных выработок. К таким выработкам относятся:

— шахтные стволы;

— капитальные выработки околоствольных дворов и магистральные выработки шахт (главные квершлаги, штреки, уклоны и бремсберги);

— основные полевые и пластовые подготовительные выработки (этажные, панельные и блоковые квершлаги, штреки, уклоны и бремсберги);

— подготовительные пластовые выработки выемочных участков (штреки, скаты).

1.2. Область действия Указаний применительно к шахтным стволам распространяется на вертикальные стволы различного назначения диаметром до 9 м, сооружаемые в следующих условиях:

— вне зон крупных тектонических нарушений и крупных источников питания подземных вод при обычных способах проходки и крепления стволов (без тампонажа или с тампонажем пород);

— во всех характерных для угленосных толщ породах и на глубинах не свыше 1200 м, на которых пересекаемые стволом породы не переходят в обнажении в весьма неустойчивое состояние;

— с залеганием пород от пологого до крутого, разрабатываемые пласты любой мощности, охрана стволов предохранительными околоствольными целиками с размерами в соответствии с действующими Правилами и сокращенными размерами согласно настоящим Указаниям;

— с залеганием пород до 18° и мощностью пластов до 2,5 м при работе с обрушением и до 8 м при работе с закладкой при проведении ствола по ранее подработанным породам, а также при частичной или полной выемке предохранительных околоствольных целиков на глубинах свыше 150 м.

1.3. Область действия Указаний применительно к выработкам околоствольных дворов и магистральным выработкам шахт распространяется на все горизонтальные и наклонные выработки

сечением до 30 м^2 с любым расположением относительно залегания пород, сооружаемые в следующих условиях:

— вне зон крупных тектонических нарушений и напорных водоносных горизонтов при обычных способах проходки и крепления выработок;

— во всех характерных для угленосных толщ породах, за исключением размокающих глинистых пород с пределом прочности на сжатие меньше 200 кгс/см^2;

— на глубинах до 1500 м с залеганием пород от пологого до крутого;

— при охране выработок предохранительными целиками и расположении их друг от друга на расстояниях, при которых исключается вредное воздействие смежных выработок и опорного давления от очистных работ.

1.4. Область действия Указаний применительно к основным полевым и пластовым подготовительным выработкам распространяется на все горизонтальные и наклонные выработки сечением до 20 м^2 с любым расположением относительно залегания пород, сооружаемые в следующих условиях:

— вне зон крупных тектонических нарушений и напорных водоносных горизонтов при обычных способах проходки и крепления;

— во всех характерных для угленосных толщ породах;

— на глубинах до 1500 м с залеганием пород от пологого до крутого;

— при способах охраны выработок и их расположении друг от друга на расстояниях, обеспечивающих при податливой крепи отсутствие на них вредного влияния смежных выработок и очистных работ.

1.5. Область действия Указаний применительно к подготовительным выемочным пластовым выработкам распространяется на все горизонтальные, наклонные и крутые выработки сечением до 20 м^2, сооружаемые в следующих условиях:

— вне зон крупных тектонических нарушений с большими притоками воды при обычных способах проходки и крепления выработок;

— в углях и вмещающих породах любой прочности;

— на глубинах от поверхности до 1500 м с залеганием пород от пологого до крутого;

— при различных бесцеликовых способах охраны выработок (поддержание на границе с выработанным пространством, проведение вприсечку к выработанному пространству, поддержание в выработанном пространстве) и при охране выработок угольными целиками небольших размеров.

1.6. Для всех горных выработок область применения Указаний ограничивается условиями правильного ведения горно-подготовительных работ, т. е. выполнения предусмотренных технологией требований к сечению контура проводимых выработок и возведению

крепи, а также установленных требований к эксплуатации выработок в течение всего срока их службы.

1.7. Предусмотренные для области действия Указаний способы и параметры охраны и поддержания горных выработок следует считать обязательными. В случае принятия других решений, вызванных производственной необходимостью, они должны быть соответствующим образом обоснованы и согласованы с ВНИМИ и технологическими бассейновыми НИИ Минуглепрома СССР.

1.8. При сооружении горных выработок на шахтах в условиях, отличающихся от приведенных в пп. 1.2—1.5, выбор способов и параметров их охраны и поддержания, технологии проведения и конструкций крепи должен производиться на основе рекомендаций специализированных организаций (ВНИМИ, ВНИИОМШС, КузНИИшахтострой) и технологических бассейновых НИИ Минуглепрома СССР в соответствии с настоящими Указаниями.

2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1. Принимаемые способы и параметры охраны и поддержания горных выработок должны обеспечивать их рабочее состояние в течение всего срока службы с минимальными потерями угля за счет применения способов охраны выработок без оставления целиков, либо за счет оставления целиков с размерами, позволяющими производить их эффективную выемку при погашении выработок.

При возможности применения в конкретных условиях различных способов охраны и поддержания выработок принимаемый способ должен быть обоснован технико-экономическим расчетом.

2.2. Определение возможных для конкретных условий способов и параметров охраны и поддержания горных выработок должно производиться на основе инженерных расчетов смещений окружающих выработку пород и их давления на крепь в соответствии с Указаниями.

2.3. При определении необходимого сечения вчерне всех горных выработок, кроме толщины крепи и забутовки, должны учитываться смещения пород внутрь выработки: в случае применения жестких крепей — за период до их возведения; крепей ограниченной податливости — за период до исчерпания податливости крепи; податливых крепей — за весь срок службы выработки.

2.4. Выбор способа поддержания и параметров крепи должен производиться с учетом изменчивости механических свойств пород, а также трещиноватости и обводненности горного массива, пересекаемого выработкой. При колебаниях расчетной прочности пород в пределах $\pm 20\%$ горный массив допускается считать однородным и принимать на всем протяжении выработки одинаковые способы и параметры поддержания. При большом различии свойств массива, особенно на участках с неустойчивым или весьма неустойчивым состоянием пород, с повышенной трещиноватостью и обводненностью, вопросы поддержания выработки должны решаться отдельно по участкам.

2.5. Основными исходными геомеханическими показателями, определяющими выбор способов и параметров охраны и поддержания горных выработок, являются напряженное состояние и механические свойства горного массива в месте расположения выработки с учетом их изменения под воздействием горных работ и других

естественных и горнотехнических факторов в течение всего срока службы выработки.

2.6. До проведения выработок напряженное состояние горного массива определяется, в первую очередь, глубиной от поверхности H, а также воздействием на него тектонических процессов и ряда других факторов, степень влияния которых неодинакова для разных бассейнов, месторождений и их участков.

Количественный учет влияния тектонических процессов и других факторов на повышение напряженного состояния горного массива по сравнению с определяемым от собственного веса толщи пород до поверхности следует производить по расчетной (приведенной) глубине H^P, принятой $H^P = 1{,}5H$ для бассейнов и месторождений, расположенных в районах современных тектонических процессов, а также для всех остальных бассейнов и месторождений на участках под склонами гор, в замковых частях складок и в области влияния крупных тектонических нарушений. В остальных условиях, т. е. для большей части основных бассейнов и месторождений страны, H^P принимается равной H.

В слоях пород с напорными водами величина естественного гидростатического напора должна определяться на основании гидрогеологических исследований.

2.7. Учет изменения напряженного состояния горного массива под воздействием горных работ и других факторов производится с помощью соответствующих эмпирических коэффициентов.

2.8. Механические свойства горного массива определяются механическими свойствами слагающих его пород, а также степенью ослабления массива слоистостью, эндогенной и экзогенной трещиноватостью, увлажнением, влияние которых неодинаково для разных бассейнов, месторождений и их участков. В связи с невозможностью прямого определения механических свойств горного массива в качестве его количественного показателя в Указаниях принята расчетная (приведенная) прочность пород на сжатие R_c^p, вычисляемая путем умножения предела прочности пород на сжатие «в куске» R_c, устанавливаемого экспериментально по испытаниям образцов слагающих массив пород, на соответствующие эмпирические коэффициенты, принимаемые на основании геологического изучения слоистости, трещиноватости и обводненности горного массива.

2.9. Для решения инженерных задач охраны и поддержания горных выработок механические свойства пород, структура и тектоническая нарушенность горного массива должны изучаться в объеме, предусмотренном следующими действующими в отрасли нормативами:

— Временные технические требования угольной промышленности к геологоразведочным работам и исходным геологическим материалам, представляемым для проектирования нового строительства и реконструкции шахт и разрезов (изд. МУП СССР, 1970).

— Методические указания по определению гидрогеологических параметров при разведке и освоении угольных месторождений (изд. ВНИМИ, Л., 1974).

— Методические указания по оценке влияния разрывных нарушений на полноту выемки угля на сильно нарушенных месторождениях (изд. ВНИМИ, Л., 1975).

3. ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ШАХТНЫЕ СТВОЛЫ

Основные положения

3.1. При проектировании и сооружении вертикальных шахтных стволов необходимо обеспечивать их рабочее состояние в течение всего срока службы с высокой степенью надежности.

3.2. Надежные условия эксплуатации шахтных стволов обеспечиваются правильным их расположением на шахтном поле, мерами охраны от вредного влияния очистных и других выработок, применением рациональной технологии и последовательности сооружения ствола, мер по упрочнению массива, использованием рациональной крепи, гарантирующей необходимую ее прочность и стойкость материала к агрессивным воздействиям окружающей среды в течение всего срока службы ствола.

3.3. Выбор места расположения шахтных стволов должен производиться с таким расчетом, чтобы они по возможности не пересекали крупных тектонических нарушений, напорных водоносных горизонтов и карстов и были удалены от источников питания подземных вод.

Шахтные стволы, особенно главные с подъемными установками, для исключения оставления предохранительных околоствольных целиков, следует при технической возможности и экономической целесообразности располагать за пределами шахтных полей или угленосных площадей на расстояниях, определяемых в соответствии с Правилами охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок (преимущественно при разработке крутых пластов), или на ранее полностью отработанных площадях. Следует планировать предварительную до проходки или углубки ствола полную выемку угля в районе расположения стволов.

3.4. При расположении в пределах шахтных полей стволы должны охраняться предохранительными целиками угля с размерами в соответствии с Правилами охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных и сланцевых месторождениях или целиками сокращенными по простиранию в соответствии с приложением 2 настоящих Указаний. В последующем при погашении ствола, а в определенных

условиях и в период его эксплуатации, в проектах необходимо предусматривать извлечение угля из околоствольных целиков. В период эксплуатации ствола выемку целиков следует предусматривать преимущественно для вентиляционных и вспомогательных стволов в условиях разработки пологих пластов.

3.5. При проведении ствола в условиях сжимающихся пород в результате водопонижения, в подработанном массиве или через целики с размерами, меньшими указанных в п. 3.4, а также в случае планирования выемки околоствольных целиков в период эксплуатации ствола при ожидаемых деформациях больше допускаемых для крепи и армировки должны быть предусмотрены конструктивные элементы защиты в соответствии с настоящими Указаниями.

3.6. Для исключения вредного влияния на ствол околоствольных выработок необходимо руководствоваться следующими положениями:

— сопряжения выработок со стволом не должны располагаться в зонах крупных тектонических нарушений, в слабых породах и в напорных водоносных горизонтах; сопряжения следует располагать, как правило, вкрест простирания;

— выработки, не сопрягающиеся со стволом, должны располагаться от него на расстоянии не менее 20 м;

— околоствольные выработки на расстоянии не менее 50 м от ствола должны крепиться жесткой крепью;

— погашаемые околоствольные выработки на расстоянии от ствола не менее 20 м должны быть заложены тощим бетоном, а до 50 м — мелкокусковатой породой;

— сопрягающиеся со стволом выработки на расстоянии до 20 м от него и приствольные камеры должны проводиться и крепиться одновременно с возведением постоянной крепи ствола на расстоянии не менее 15 м выше и ниже сопряжения.

3.7. Принимаемые размеры околоствольных предохранительных целиков и планирование их сокращения и выемки должны быть согласованы с мерами охраны других выработок и сооружений на поверхности.

3.8. Выбор типа, параметров крепи и способов охраны стволов производится в такой последовательности:

— оцениваются геологические и гидрогеологические характеристики толщи пород и на этой основе с учетом общих положений Указаний принимается наиболее приемлемое по условиям эксплуатации расположение ствола и его сопряжений с околоствольными выработками;

— определяются ожидаемые деформации пород околоствольного массива под влиянием водопонижения, старых горных работ и планируемой выемки угля в пределах околоствольных предохранительных целиков в период до погашения ствола;

— на основании сравнения ожидаемых деформаций пород околоствольного массива с допускаемыми для различных типов крепи

устанавливается класс условий поддержания: в недеформирующемся или в деформирующемся массиве;

— оценивается устойчивость обнажения пород в стволе и вычисляются расчетные нагрузки на различную крепь;

— выбирается тип крепи и рассчитываются ее параметры;

— для участков стволов, расположенных в деформирующемся массиве, определяются способы конструктивной защиты крепи и армировки и параметры элементов защиты.

Определение условий поддержания стволов

3.9. В зависимости от расположения ствола относительно горных работ и принятых мер охраны выделяют следующие два, принципиально отличных друг от друга класса условий поддержания, в которых будут находиться данный ствол или его участок в период проходки и в процессе эксплуатации:

— поддержание ствола в недеформирующемся массиве горных пород, т. е. при отсутствии его оседания под воздействием уплотнения пород в результате водопонижения и при отсутствии сдвижения в результате ведения горных работ;

— поддержание ствола в деформирующемся массиве в результате водопонижения и ведения горных работ.

Проектирование ведется по наиболее опасному периоду поддержания ствола, включая выемку целиков, если она предусматривается.

3.10. К классу поддержания стволов в недеформирующемся массиве относятся условия, когда участок ствола расположен в неподработанном массиве при охране угольными целиками, построенными по Правилам охраны, или целиками сокращенных размеров в соответствии с приложением 7 настоящих Указаний и при отсутствии уплотняющихся под влиянием водопонижения пород.

В этих случаях расчет осадок и сдвижения пород не производится.

3.11. При наличии в пересекаемой стволом толще уплотняющихся под влиянием водопонижения пород, а также при выемке околоствольных целиков до погашения ствола разделение на классы поддержания в недеформирующемся и в деформирующемся массиве производится на основе расчета ожидаемых деформаций околоствольного массива.

При значении ожидаемых деформаций меньше допускаемых, для принятых без конструктивных элементов защиты крепи и армировки, участок ствола считается поддерживаемым в недеформирующемся массиве.

При значении ожидаемых деформаций больше допускаемых участок ствола считается поддерживаемым в деформирующемся массиве.

3.12. Участки ствола на пересечении со старыми горными работами на расстоянии в кровлю пласта 6m и в почву 2m

считаются поддерживаемыми в условиях деформирующегося массива.

На этих участках расчетные деформации сжатия в период активной стадии сдвижения определяются в соответствии с приложением 3 настоящих Указаний, а после ее завершения принимаются равным $2 \cdot 10^{-3}$.

3.13. Расчет ожидаемых деформаций уплотнения пород при водопонижении производится в соответствии с «Временными указаниями по определению гидрогеологических параметров при разведке и освоении угольных месторождений» (изд. ВНИМИ, Л., 1974).

3.14. Расчет ожидаемых деформаций околоствольного массива при выемке околоствольных целиков производится по приложению 3 настоящих Указаний.

3.15. Значения допускаемых деформаций околоствольного массива, при достижении которых необходимо конструктивное приспособление жестких крепи и армировки к сдвижению массива, принимаются следующими:

а) средний уклон равным $2 \cdot 10^{-3}$, максимальный на отдельных участках — $5 \cdot 10^{-3}$;

б) максимальная кривизна оси ствола $0{,}33 \cdot 10^{-3}$, радиус кривизны $R=3000$ м;

в) относительные деформации укорочения (вертикальное сжатие) для крепи — по табл. 1, для армировки — равными $1 \cdot 10^{-3}$;

Таблица 1

Крепь	Вертикальные относительные допускаемые деформации сжатия, $\varepsilon_z \cdot 10^{-3}$
Монолитная бетонная и сплошная металлическая	0,62
Кирпичная	0,73
Металлическая тюбинговая	1,00
Железобетонная тюбинговая	2,00

г) относительные деформации удлинения (вертикальное растяжение) для крепи — согласно СНиП для соответствующих материалов крепи;

д) относительные горизонтальные деформации для крепи — по табл. 2, а для армировки — по табл. 3.

Оценка устойчивости пород

3.16. По степени устойчивости породы в обнажении у ствола на различных участках разделяются на следующие категории: устойчивые, средней устойчивости, неустойчивые и весьма неустойчивые.

Таблица 2

Крепь	Горизонтальные относительные допускаемые деформации $\varepsilon_x \cdot 10^{-3}$			
	в известняках	в песчаниках	в аргиллитах и алевролитах	в угле
Монолитная бетонная	0,10	0,15	0,25	0,30
Металлическая сплошная	0,40	0,30	0,60	1,20
Кирпичная	0,20	0,15	0,15	0,15
Металлическая тюбинговая	0,40	0,90	0,90	1,00
Сборная железобетонная тюбинговая	0,60	1,20	0,90	0,90

Таблица 3

Диаметр ствола, м	Допускаемые для армировки горизонтальные относительные деформации, $\varepsilon_x \cdot 10^{-3}$			
	в известняках	в песчаниках	в аргиллитах и алевролитах	в угле
	Без промежуточных опор			
5	0,25	0,35	0,35	0,65
8	0,15	0,20	0,30	0,35
	При двух промежуточных опорах			
5	0,55	0,70	0,70	1,40
8	0,30	0,45	0,55	0,75

3.17. Оценка устойчивости производится дифференцированно для участков ствола, пересекающих породы разной прочности с мощностью слоя более 0,5 м, по расчетной прочности пород R_c^p.

Расчетная прочность определяется по следующей формуле:

$$R_c^p = R_c f_0, \qquad (1)$$

где R_c — предел прочности на одноосное сжатие пород слоя «в куске»; f_0 — коэффициент структурного ослабления пород слоя в массиве, принимаемый по табл. 4.

При различии расчетной прочности в смежных слоях в пределах $\pm 20\%$ породы считаются однородными и объединяются в один участок. Расчетная прочность пород участка принимается по минимальному значению прочности слагающих его слоев без слоев мощностью менее 0,5 м.

3.18. Породы относятся к неустойчивым в местах пересечения ранее выработанных пространств на расстояние 2m в почву и 6m в кровлю, а при выемке целиков — 2m в почву и 10m в кровлю при работе с закладкой или 20m — с обрушением.

Таблица 4

Степень трещиноватости (блочности) массива	Средний размер отдельностей, м	Характеристика прочности	f_0
Практически монолитные (исключительно крупноблочные)	>1,5	Весьма прочные	0,9
Малотрещиноватые (весьма крупноблочные)	1,0–1,5	Прочные	0,8
Среднетрещиноватые (крупноблочные)	0,5–1,0	Средней прочности	0,6
Сильнотрещиноватые (среднеблочные)	0,1–0,5	Слабые	0,4
Чрезвычайно трещиноватые (мелкоблочные)	<0,1	Весьма слабые	0,2

3.19. Степень устойчивости коренных пород определяется по номограмме (рис. 1).

Значения глубины расположения участка и прочности пород на номограмме являются расчетными, определяемыми по пп. 2.6 и 3.17, а для оговоренных ниже случаев — приведенными.

Для деформирующегося массива в зоне опорного давления используется приведенная глубина, которая определяется по формуле:

$$H_{\text{п}}^{\text{р}} = k_{\text{ц}} H^{\text{р}}, \qquad (2)$$

где $H^{\text{р}}$ — расчетная глубина в соответствии с п. 2.6;

$$k_{\text{ц}} = k_0 - \frac{3(k_0 - 1)h_{\text{п}}}{2H \operatorname{ctg} \delta_i};$$

$$k_0 = 3{,}4\left(1 - \cos \operatorname{arc\,tg} \frac{\Sigma l_0}{\Sigma l}\right);$$

$h_{\text{п}}$ — расстояние по оси ствола от пласта до рассматриваемого поперечного сечения; H — глубина залегания пласта в месте его пересечения стволом; δ_i — угол сдвижения или граничный угол в разрезе по простиранию в соответствии с Правилами охраны для построения предохранительного целика на данной глубине; Σl_0 — сумма размеров целика под данный ствол в его створе в плоскости пласта по простиранию и по линии падения—восстания, построенного по Правилам охраны; Σl — то же фактического целика. Если фактические размеры целика в какую-либо сторону от ствола больше нужных под данный ствол по Правилам охраны, то в расчет принимается размер, необходимый для данного ствола.

Для крутого и наклонного падения используется приведенная прочность пород $R_{\text{с}}^{\text{п}}$, определяемая по формуле:

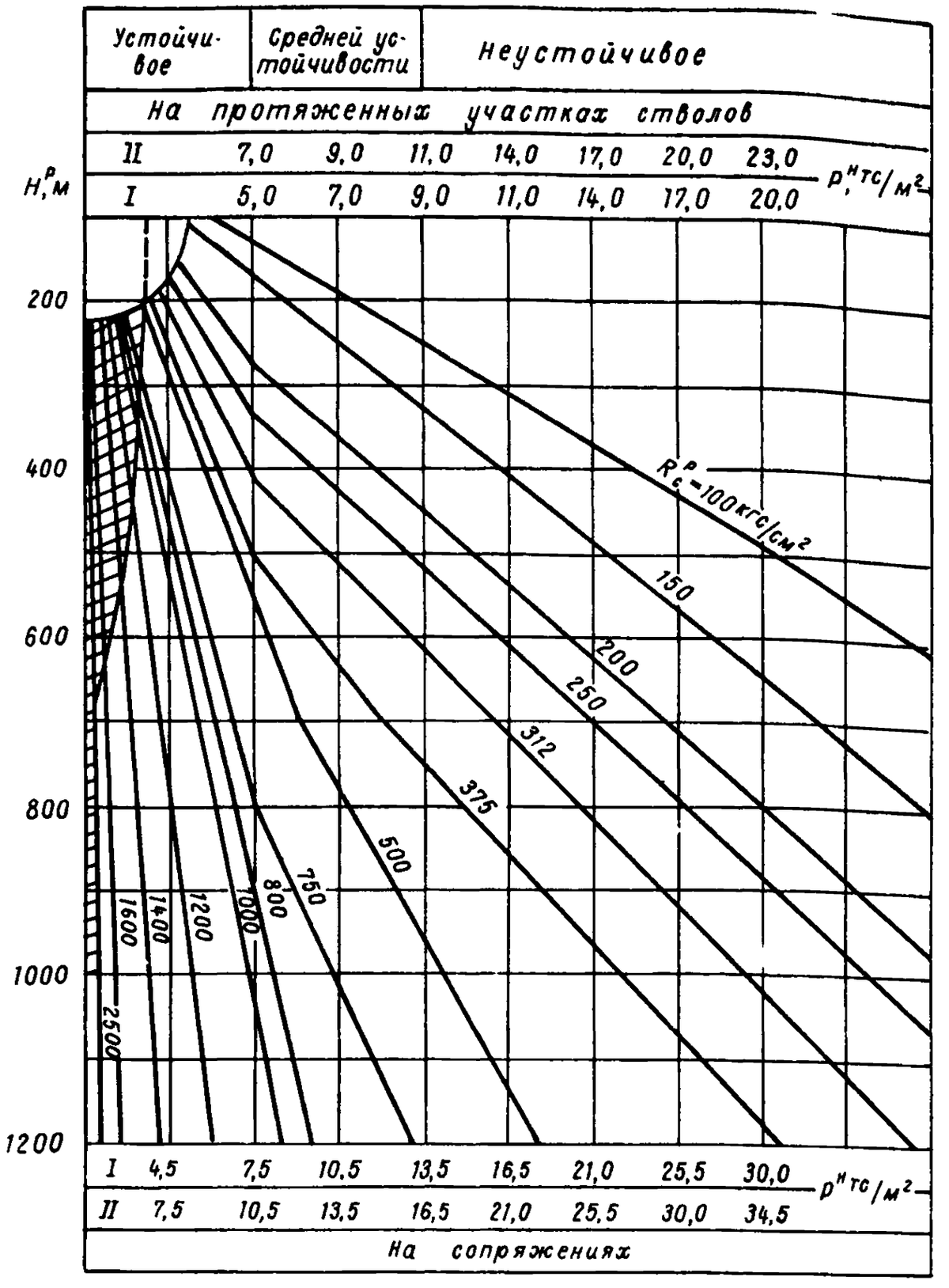


Рис. 1. Номограмма для определения нормативных нагрузок на крепь стволов и предельной глубины устойчивости пород:

I — при параллельном и последовательном способах проходки; *II* — при совмещенном способе проходки; ▨ — область устойчивого состояния сопряжений

$$R_c^n = \frac{R_c^p}{1+0{,}5\sin\alpha}, \qquad (3)$$

где α — угол падения пород.

Для участков, находящихся в зонах подработки до высоты 50m над пластом, используется приведенная прочность $R_c^{пп}$, определяемая по формуле:

$$R_c^{пп} = R_c^p k. \qquad (4)$$

Коэффициент k находится по табл. 5 в зависимости от кратности отношения h/m при выполнении условия $6 \leq h/m \leq 50$, где h — расстояние рассматриваемого участка от отработанного пласта, m — мощность пласта (при закладке — эффективная мощность).

Таблица 5

h/m	6	10	15	20	25	30	35	40	45	50
k	0,46	0,5	0,55	0,6	0,65	0,71	0,77	0,84	0,92	1

Определение расчетных нагрузок на крепь

3.20. Расчетная горизонтальная нагрузка на крепь устьев стволов в малосвязных и глинистых породах наносов у земной поверхности с учетом пригрузки от сооружений определяется по формуле:

$$p = 1{,}1 k_{уст} \left\{ \gamma r_0 \frac{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4}-\frac{\rho}{2}\right)}{\psi-1} \left[1 - \left(\frac{r_0}{r_0 + H\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4}-\frac{\rho}{2}\right)}\right)^{\psi-1}\right] + p_{пов.макс} \right\} + p_г, \qquad (5)$$

где $k_{уст}$ — безразмерный коэффициент, принимаемый равным 2 при расстоянии более 20 м от проемов в крепи и 3,4 — менее 20 м; γ — объемный вес пород; r_0 — радиус ствола в свету; ρ — угол внутреннего трения пород; H — глубина рассматриваемого участка от поверхности;

$$\psi = 2\operatorname{tg}\rho\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\rho}{2}\right);$$

$p_{пов.макс}$ — наибольшая суммарная пригрузка от веса зданий и сооружений; $p_г$ — гидростатическая нагрузка от подземных вод.

Суммарная наибольшая пригрузка $\rho_{пов.\,макс}$ может быть определена графически, как максимальная при суммировании эпюр от каждого сооружения. Эпюра пригрузки от каждого здания и сооружения строится, исходя из величины наибольшего значения этой пригрузки $\rho_{пов.i}$, определяемой по формуле:

$$\rho_{пов.i} = \frac{2(r_0 + l_i)Q_i}{l_i b_i (2r_0 + l_i)}\left[\frac{r_0}{r_0 + H\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\rho}{2}\right)}\right]^{\psi} \operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\rho}{2}\right), \quad (6)$$

где Q_i — вес здания.

При построении эпюры принимается следующий закон распределения нагрузок:

$$\rho_{\varphi_i} = \rho_{пов.i} \cos^2 \Theta_i .$$

Начало отсчета угла Θ_i помещается по радиусу, проходящему через центр тяжести сооружения.

Смысл l_i, b_i и Q_i ясен из рис. 2. Ветви эпюр по другую сторону ствола не строятся. Учитываются здания и сооружения, которые отстоят от ствола не далее $5r_0$.

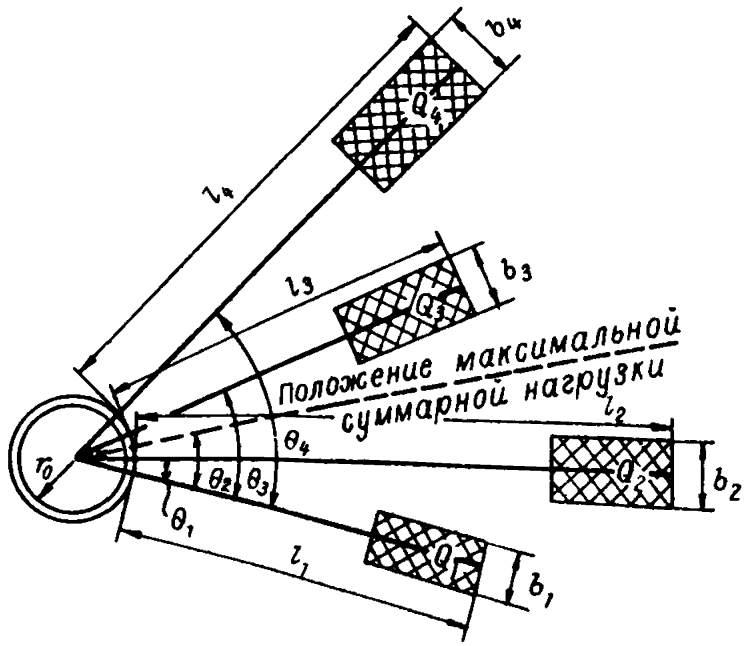


Рис. 2. Схема к определению дополнительной нагрузки на крепь устья ствола от зданий и сооружений на поверхности:

b_i — размеры сооружений, м; l_i — расстояние от контура ствола до наиболее удаленной точки сооружения, м; Q_i — вес сооружения

Если можно выделить группу зданий и сооружений, расположенных с одной стороны, которые явно оказывают наиболь-

шее влияние, то максимальная пригрузка определяется по формуле:

$$\rho_{\text{пов. макс}} = \rho_{\text{пов.1}} \cos^2\Theta + \rho_{\text{пов.2}} \cos^2(\Theta - \Theta_2) + \\ + \ \ldots \ + \rho_{\text{пов.}n} \cos^2(\Theta - \Theta_n). \qquad (7)$$

Здесь $\rho_{\text{пов.}1,2,\ldots,n}$ определяются по формуле (6), а угол Θ, соответстующий направлению действия $\rho_{\text{пов.макс}}$, как

$$\Theta = 0{,}5 \operatorname{arctg} \frac{\sum_{i=2}^{n} p_i \sin 2\theta_i}{\sum_{i=2}^{n} \rho_i \cos 2\Theta_i + \rho_1}. \qquad (8)$$

3.21. Расчетная горизонтальная нагрузка ρ от давления коренных пород на крепь без вязкого заполнителя в закрепном пространстве (нескользящая) складывается из нагрузки от давления пород $\rho_п$ и гидростатической нагрузки $\rho_г$:

$$\rho = \rho_п + \rho_г. \qquad (9)$$

3.22. Нагрузка от давления пород, отнесенных к категории устойчивых, не превышает 2—3 тс/м^2.

В коренных породах средней устойчивости и неустойчивых нагрузка (тс/м^2) на крепь определяется по следующей формуле:

$$\rho = n n_у n_н \rho^н [1 + 0{,}1(r_0 - 3)], \qquad (10)$$

где r_0 — радиус ствола в свету, м; $\rho^н$ — нормативная нагрузка в тс/м^2, определяемая по номограмме (см рис. 1) по расчетной или приведенной в соответствии с п 3.19 глубине и прочности пород, кроме мест пересечения старых выработанных пространств; в местах пересечения старых выработанных пространств и на удалении 6m в кровлю и 2m в почву пласта вместо $\rho^н$ подставляется величина $\rho_1^н = 2/3\rho^н + 10$ тс/м^2, где $\rho^н$ определяется по номограмме (см. рис. 1) как для недеформирующегося массива; n — безразмерный коэффициент перегрузки, принимаемый равным 1,25 для набрызг-бетонной крепи и 1,3 для бетонной, блочной и тюбинговой; $n_у$ — безразмерный коэффициент условий работы конструкции, принимаемый равным 0,5 для набрызг-бетонной крепи и 0,67 для бетонной, блочной и тюбинговой; $n_н$ — безразмерный коэффициент, отражающий степень неравномерности распределения нагрузок. Для участков в недеформирующемся массиве и при проходке ствола после окончания процесса сдвижения этот коэффициент определяется по табл. 6 с учетом схемы проходки, а при последующем влиянии очистных работ после проходки ствола — как для совмещенной схемы проходки.

Таблица 6

Угол падения пород α, градус	Коэффициент $n_н$			
	при последовательной и параллельной технологических схемах проходки		при совмещенной технологической схеме проходки с передвижной опалубкой и крепью из быстротвердеющего бетона	
	А	Б	А	Б
$0 \leqslant \alpha < 10$	2,00	3,00	1,75	2,50
$10 \leqslant \alpha < 30$	2,50	3,00	2,00	2,50
$\alpha \geqslant 30$	2,75	3,25	2,25	2,75

Примечания: 1) А – на протяженном участке ствола (на расстоянии более 20 м от сопряжения); Б – в районе сопряжения.

2) При воздействии на крепь гидростатической нагрузки табличные значения $n_н$ умножаются на величину

$$\frac{1+0{,}1(r_0-3)}{1+0{,}1(r_0-3)+p_т/p^н}.$$

3.23. Величина гидростатической нагрузки в коренных породах $p_г$ при отсутствии тампонажа принимается равной нулю, если отношение коэффициента фильтрации пород $k_ф^{пор}$ к коэффициенту фильтрации крепи $k_ф^{кр}$ меньше 4; если $k_ф^{пор}/k_ф^{кр} > 100$, то гидростатическая нагрузка принимается равной полному гидростатическому напору в водоносном горизонте независимо от величин напора и притоков воды в ствол. В частности, для бетонной крепи величина $p_г$ принимается равной нулю при $k_ф^{пор} < 10^{-4}$ м/сут и равной полному гидростатическому напору в водоносном горизонте при $k_ф^{пор} > 0{,}1$ м/сут.

При других соотношениях и значениях коэффициентов фильтрации величина $p_г$ (тс/м^2) без тампонажа пород определяется по формуле:

$$p_г = \frac{H_e \gamma_в}{1 + \frac{k_ф^{кр}}{k_ф^{пор}} \left(\frac{\lg \frac{R(t)}{r_1}}{\lg \frac{r_1}{r_0}} \right)}, \qquad (11)$$

где H_e — естественный или сниженный общим водопонижением напор в данном водоносном горизонте, м; $\gamma_в$ — объемный вес воды, равный 1 тс/м^3; $R(t)$ — радиус влияния дренажа ствола, равный $1{,}5\sqrt{at}$, м; r_0 — радиус ствола в свету, м; r_1 — радиус ствола в проходке, м; a — коэффициент пьезопроводности водоносного горизонта, м^2/сут; t — время от начала дренирования, сут.

При наличии тампонажа пород величина $p_г$ принимается равной нулю, если отношение коэффициента фильтрации затампонирован-

ных пород $k_{ф}^{ц}$ к коэффициенту фильтрации крепи $k_{ф}^{кр}$ меньше единицы, а в остальных случаях рассчитывается по формуле:

$$p_г = \frac{H_e \gamma_в}{A(Б+1)+1}, \qquad (12)$$

где

$$A = \frac{k_{ф}^{кр}}{k_{ф}^{ц}} \left(\frac{\lg \frac{r_ц}{r_1}}{\lg \frac{r_1}{r_0}} \right); \quad Б = \frac{k_{ф}^{ц}}{k_{ф}^{пор}} \left(\frac{\lg \frac{R(t)}{r_ц}}{\lg \frac{r_ц}{r_1}} \right);$$

$r_ц$ — радиус затампонированной зоны, м.

Расчет по формулам (11) и (12) ведется в два этапа. Первоначально производятся вычисления при значении t, соответствующем моменту введения крепи в работу. Если полученное при этом значение $p_г$ больше $p^н$, то расчет заканчивается, и полученная величина $p_г$ учитывается в формуле (9). Если же полученное значение $p_г$ меньше или равно $p^н$, то расчет повторяется при значении t, соответствующем моменту на 2 месяца позже введения крепи в работу. В формуле (9) учитывается это второе значение $p_г$.

Значения H_e, $k_{ф}^{пор}$, $k_{ф}^{ц}$ и a определяются по данным гидрогеологических исследований. При этом следует руководствоваться «Методическими указаниями по определению гидрогеологических параметров при разведке и освоении угольных месторождений» (изд. ВНИМИ, Л., 1974).

3.24. В случаях применения скользящей крепи с заполнением закрепного пространства вязким заполнителем расчетная наибольшая нагрузка определяется весом этого заполнителя при коэффициенте перегрузки 1,1. Принимаемая при этом расчетная величина нагрузки не должна быть меньше p, определяемой в соответствии с пп. 3.20 или 3.21. Минимальная нагрузка принимается равной давлению заполнителя.

Выбор типа и расчет параметров крепи

3.25. В недеформирующемся массиве следует применять жесткую крепь без узлов податливости. К такой крепи относится: набрызг-бетонная; монолитная бетонная и железобетонная; сборная блочная (тюбинговая) бетонная и железобетонная; комбинированная из набрызг-бетона, металлической сетки и сталеполимерных либо железобетонных штанг.

3.26. На участках в недеформирующемся массиве, без напорных вод, где породы относятся к категории устойчивых в связи с отсутствием закономерных нагрузок, крепь служит предохранитель-

ной оболочкой. Для этих условий на пологом и наклонном падении на протяженных участках при остаточных притоках менее 8 $м^3/ч$ следует предусматривать проектную проработку применения ограждающей набрызг-бетонной крепи с толщиной, принимаемой без расчета, не менее 8 см на глубинах до 500 м и 10 см на глубинах свыше 500 м.

3.27. На участках в недеформирующемся массиве, без напорных вод, где на сопряжениях и на крутонаклонных и крутых пластах породы относятся к категории устойчивых, нагрузки невелики, и крепь является в основном ограждающей.

Для этих условий при остаточных притоках менее 8 $м^3/ч$ следует предусматривать проектную проработку применения комбинированной крепи из набрызг-бетона, металлической сетки и сталеполимерных или железобетонных штанг.

Толщину набрызг-бетона (см) комбинированной крепи следует принимать без расчета в соответствии с табл. 7.

Таблица 7

Глубина, м	Условия	
	крутонаклонное и крутое залегание	сопряжения
До 500	12	15
>500	15	20

Параметры сетки и установки штанг в комбинированной крепи принимаются следующими:

	Длина штанг, м	Плотность установки, $шт./м^2$
На протяженных участках	$\geqslant 1,8$	$\geqslant 0,8$
На участках вблизи сопряжений и на сопряжениях	$\geqslant 2,5$	$\geqslant 1,2$

В качестве арматурного стержня штанг следует использовать прутки из сталей или полимерных материалов диаметром не менее 16 мм с прочностью на растяжение не менее 10 тс.

Закрепление штанг в шпуре следует производить цементным раствором или полимерным материалом с пределом прочности на сжатие не менее 200 $кгс/см^2$ по всей длине шпура с применением, как правило, патронируемых быстротвердеющих смесей.

Металлическая сетка изготавливается из проволоки толщиной 3—5 мм и размером ячеек 100×100 мм.

3.28. На участках в недеформирующемся массиве, без напорных вод, где породы относятся к категории средней устойчивости, следует применять бетонную крепь, а при притоках менее 8 $м^3/ч$ необходимо предусматривать проектную проработку применения

набрызг-бетонной и комбинированной крепи из набрызг-бетона, металлической сетки и сталеполимерных или железобетонных штанг.

Толщина бетонной и набрызг-бетонной крепи должна приниматься не менее определяемой по формуле:

$$\delta_к = n_к r_0 \left(\sqrt{\frac{n_м n_б R_{пр}}{n_м n_б R_{пр} - 2k_{кр} p}} - 1 \right) - \delta_{пб}, \qquad (13)$$

где $n_к$ — безразмерный коэффициент условий работы крепи, принимающий значения: 1,25 при параллельной, последовательной и совмещенной технологических схемах проходки с передвижной опалубкой и крепью из быстротвердеющего бетона; 1,1 — при набрызг-бетонной крепи; 1 — при комбинированной и сборной крепи; $n_б$ — безразмерный коэффициент условий работы для материала крепи, принимаемый по СНиП II—21—75, табл. 15, п. 7; $n_м$ — безразмерный коэффициент, принимаемый равным 0,85 на протяженных участках крепи и 0,75 для устьев и сопряжений; $R_{пр}$ — расчетное сопротивление бетона на сжатие, принимаемое по СНиП II—21—75, табл. 13; $k_{кр}$ — безразмерный коэффициент концентрации напряжений в конструкции крепи, принимаемый равным 1 на протяженных участках ствола и 2 на сопряжениях вблизи сводчатых частей; p — расчетная максимальная нагрузка, определяемая в соответствии с п. 3.21; $\delta_{пб}$ — толщина породобетонной оболочки, образующейся за счет проникновения набрызг-бетона в окружающие нарушенные породы; для набрызг-бетонной крепи принимается равной 50 мм, для остальных типов — равной 0.

Набрызг-бетонную крепь не рекомендуется применять толще 20 см. Если ее расчетная толщина оказывается в пределах 20—30 см, то может быть применена комбинированная крепь с толщиной набрызг-бетона 20 см с параметрами сетки и штанг в соответствии с п. 3.27.

3.29. На участках в недеформирующемся массиве, где коренные породы относятся к категории неустойчивых, бетонную, железобетонную или тюбинговую крепь следует рассчитывать на нагрузку, определяемую в соответствии с п. 3.21.

Толщина бетонной крепи должна приниматься не менее определяемой по формуле (13). Не рекомендуется принимать бетонную крепь толщиной более 500 мм. Если расчетная ее толщина превышает 500 мм, следует применять бетон более высоких марок или другой тип крепи.

3.30. На участках стволов в деформирующемся массиве монолитную бетонную, железобетонную или блочную (тюбинговую) крепь следует применять с конструктивными элементами защиты, параметры которых определяются в соответствии с настоящими Указаниями. Расчет толщины крепи должен производиться на нагрузку, определяемую в соответствии с пп. 3.20, 3.21, 3.24.

Толщина бетонной крепи должна приниматься не менее определяемой по формуле (13).

В случае планирования полной выемки целика по пересекаемому стволом пласту в период эксплуатации крепь на участке в кровлю этого пласта на 20m при работе с обрушением и на 10m при работе с закладкой, а также в почву на 2m не рассчитывается на нагрузку от давления пород, а принимается такой же толщины, как и на соседнем участке.

3.31. В целях обеспечения рационального режима работы крепи рекомендуются следующие технологические схемы проходки стволов:

— в породах устойчивых — совмещенная схема с любой крепью из быстротвердеющего бетона;

— в породах средней устойчивости и неустойчивых — параллельная схема с использованием стволовых комплексов и предохранительного щита-оболочки, либо любой другой достаточной для восприятия первоначальных смещений и нагрузок пород временной крепи.

3.32. В целях снижения нагрузок на крепь целесообразно следующее отставание постоянной крепи от забоя:

— от 30 до 50 м при параллельной и параллельно-щитовой схемах проходки;

— не более 40 м при набрызг-бетонной крепи и на сопряжениях при условии возведения у забоя штанговой крепи и первого слоя набрызг-бетона толщиной 5—8 см.

При сооружении стволов предпочтительно применение контурного взрывания, особенно при набрызг-бетонной и комбинированной крепях.

3.33. В целях снижения гидростатических нагрузок следует применять водопроницаемую крепь, водоподавляющий тампонаж, организовывать дренаж воды в ствол и другие выработки. Применение водонепроницаемой крепи с отношением $k_{ф}^{пор}/k_{ф}^{кр} > 80$ без тампонажа должно быть специально обосновано.

Выбор мер защиты крепи в деформирующемся массиве

3.34. Защиту стволов в деформирующемся массиве следует осуществлять горными и конструктивными мерами.

К горным мерам защиты относятся:

— предварительная отработка пластов;

— рациональный порядок ведения горных работ;

— закладка выработанного пространства;

— отработка пласта на неполную мощность.

Конструктивными мерами защиты являются:

— ослабление связи крепи с породами на опасном участке с помощью скользящего слоя;

— устройство в крепи горизонтальных осадочных и разрезных швов;

— устройство в крепи зон и узлов вертикальной податливости;

— устройство на стыках проводников компенсирующих узлов или сменных вкладышей.

Допускаемые деформации крепи и армировки с конструктивными мерами защиты определяются для каждой конкретной конструкции при ее проектировании. Податливость армировки необходимо согласовать с податливостью крепи.

3.35. Предварительная выемка угля должна проводиться с таким расчетом, чтобы к началу проходки или углубки ствола закончилась активная стадия сдвижения околоствольного массива, определяемая в соответствии с Правилами охраны. При этом выемка угля должна быть полной в пределах зоны, ограниченной линиями, проведенными от устья ствола под углом сдвижения, уменьшенным на 10°.

3.36. При отработке одиночных пологих пластов под действующими стволами с кратностью подработки зумпфовой части ствола $H/m \geqslant 250$ расчет деформаций толщи пород не производится и меры конструктивной защиты не предусматриваются.

3.37. При значениях расчетных вертикальных сжимающих деформаций околоствольного массива до 15 мм/м конструктивную защиту крепи следует преимущественно осуществлять горизонтальными осадочными швами.

Расположение осадочных швов должно быть согласовано с геологическим разрезом по стволу. Их необходимо располагать в местах наибольших деформаций толщи пород, а также на контактах прочных и слабых пород и в угольных пластах. Максимально допустимое расстояние между осадочными швами определяется расчетом, но не должно быть более 20 м.

Осадочные швы заполняются податливым материалом, например, деревянными прокладками.

Расчетная высота осадочного шва (мм) определяется по формуле:

$$\delta = 1{,}2\,\frac{100\Delta\eta_p}{a_п}, \qquad (14)$$

где $\Delta\eta_p$ — разность расчетных оседаний на границах защищаемого участка, которая определяется непосредственно расчетом (см. приложение 3) или суммой произведений величин расчетных относительных вертикальных деформаций слоев в пределах защищаемого участка на их мощность ($\Delta\eta_p = \Sigma\varepsilon_i\, m_i$); $a_п$ — сжимаемость материала прокладок в шве в процентах, обеспечивающая заданную величину сужения шва.

Максимальное расстояние между осадочными швами определяется по формуле:

$$l = \frac{n_м n_б R_{пр}(D_1^2 - D_0^2)}{5\rho f D_1}, \qquad (15)$$

где $R_{пр}$ — расчетноё сопротивление на осевое сжатие для бетона, принимаемое по СНиП II—21—75, табл. 13; D_1 — диаметр ствола в проходке; D_0 — диаметр ствола в свету; ρ-расчетная нагрузка, определяемая в соответствии с пп. 3.20, 3.21 настоящих Указаний; $n_б$ — безразмерный коэффициент условий работы для материала крепи, принимаемый по СНиП II—21—75, табл. 15, п. 7; $n_м$ — безразмерный коэффициент, равный 0,85; f — коэффициент трения пород о крепь, принимаемый равным 0,6 для песчаника и известняка; 0,5 для алевролитов и аргиллитов и 0,45 для угля.

3.38. В местах резкой концентрации вертикальных деформаций околоствольного массива с интенсивностью до 15 мм/м в пластах угля или наиболее слабых слоях пород, за пределами которых деформации не опасны для крепи, допускается применение за крепью скользящего слоя (например, тонкого битумного покрытия) без осадочных швов.

В случае применения асфальтобитумного покрытия или иного с весьма малым трением на участке ствола в пределах пласта (слоя) и его почвы или в пределах пласта (слоя) и его кровли протяженность скользящего участка крепи следует принимать не менее определяемой по формуле:

$$l_c = \frac{m[(c_в + 1)\,\varepsilon_m - (\varepsilon_к + c_в\,\varepsilon_п)]}{(c_в + 1)\,\varepsilon_{доп} - (\varepsilon_к + c_в\,\varepsilon_п)}, \qquad (16)$$

где m — мощность значительно деформирующегося пласта или слоя пород с уровнем ожидаемых относительных вертикальных деформаций ε_m более допускаемых для крепи; $c_в$ — отношение длины скользящего участка в почве пласта (слоя) к таковому в кровле; $\varepsilon_к$ и $\varepsilon_п$ — величина ожидаемых относительных вертикальных деформаций соответственно пород кровли и почвы; $\varepsilon_{доп}$ — величина допускаемых для данной крепи относительных вертикальных деформаций (п. 3.15).

При расположении скользящего участка с асфальтобитумным или иным покрытием с малым трением только в пласте (слое) и в почве, или в пласте (слое) и в кровле протяженность этого участка следует принимать не менее определяемой по формулам:

— для почвы

$$l_{сп} = \frac{m(\varepsilon_m - \varepsilon_п)}{\varepsilon_{доп} - \varepsilon_п}, \qquad (17)$$

— для кровли

$$l_{ск} = \frac{m(\varepsilon_m - \varepsilon_к)}{\varepsilon_{доп} - \varepsilon_к}. \qquad (18)$$

Скользящий участок следует располагать преимущественно в более прочных вмещающих пласт (слой) породах.

3.39. При значениях расчетных вертикальных сжимающих деформаций массива более 15 мм/м конструктивную защиту крепи следует осуществлять устройством в ней специальных осадочных зон и узлов вертикальной податливости. Конструкции этих зон и узлов должны определяться проектом.

В частности рекомендуется предусматривать проектную проработку возможности применения сближенных осадочных швов или податливых зон в месте пересечения стволом сильно деформирующихся пород, а при полной выемке пересекающего ствол пласта — деревянных костров из шпального бруса.

3.40. В подрабатываемой части ствола при наличии вертикальных деформаций растяжения следует предусматривать горизонтальные разрезные швы, которые могут быть заполнены податливым материалом. В бетонной крепи швы высотой 50—100 мм следует располагать на расстоянии не более 15 м преимущественно на пересечении угольных пластов и прослоев, а также на контактах слабых и прочных пород.

3.41. Выбор конструктивных мер защиты крепи должен производиться с учетом требуемой степени гидро- и газоизоляции.

4. ВЫРАБОТКИ ОКОЛОСТВОЛЬНЫХ ДВОРОВ И ГЛАВНЫЕ МАГИСТРАЛЬНЫЕ ВЫРАБОТКИ

Основные положения

4.1. При проектировании и сооружении околоствольных дворов, главных квершлагов, уклонов и магистральных выработок необходимо обеспечивать нормальные условия их эксплуатации без капитального ремонта в течение всего срока службы шахты или горизонта. Безремонтное состояние выработок достигается за счет рациональных схем расположения, способов охраны, применения соответствующих горногеологическим условиям типов крепи и технологии сооружения выработок.

4.2. Проектные проработки должны основываться на прогнозируемых (расчетных) величинах смещений пород и нагрузок на крепь по контуру сечения за весь срок службы выработок с учетом влияния геологических и горнотехнических факторов. Окончательный выбор параметров поддержания должен производиться на основе технико-экономического анализа возможных вариантов расположения и крепления выработок.

4.3. При выборе расположения капитальных выработок необходимо руководствоваться следующими положениями:

— околоствольные выработки, особенно их сопряжения со стволами, не должны располагаться в зонах крупных тектонических нарушений и в напорных водоносных горизонтах;

— при технической возможности и экономической целесообразности выработки околоствольных дворов, особенно их сопряжения со стволами, а также главные магистральные выработки следует располагать в однородных устойчивых породах;

— выработки околоствольных дворов и главные магистральные выработки следует по возможности располагать за пределами зоны влияния разрабатываемых пластов. При расположении этих выработок вблизи разрабатываемых пластов они должны охраняться угольными целиками с размерами, определяемыми настоящими Указаниями;

— схема околоствольного двора должна быть максимально простой с минимальным количеством выработок и сопряжений. При отсутствии устойчивых пород основные выработки околоствольного

двора должны быть расположены вкрест простирания пород и под углами от 30 до 70° к направлению основных систем их трещиноватости;

— протяженные участки выработок околоствольных дворов и магистральных выработок должны располагаться друг от друга на расстояниях, исключающих их вредное влияние друг на друга;

— все сопрягающиеся выработки должны проводиться одновременно до расстояния от сопряжения, исключающего вредное влияние их проходческих забоев на сопряжение.

4.4. Капитальные выработки по направлению их проходки подразделяются на три группы:

I. По простиранию пород с отклонением направления оси выработки от азимута простирания на угол, не превышающий ±30°;

II. Вкрест простирания с отклонением направления оси выработки от азимута падения пород на угол, не превышающий ±30°;

III. Под углом к простиранию пород с отклонением направления оси выработки от азимута простирания пород от 30 до 60°.

4.5. Выбор рационального расположения выработок, способов их охраны, типа и параметров крепи производится в следующей очередности:

— выбираются с учетом общих положений Указаний наиболее приемлемые по условиям эксплуатации схемы расположения околоствольных и магистральных выработок в толще пород;

— дифференцированно по участкам расположения выработок определяется расчетная прочность вмещающих пород;

— находятся расстояния между выработками и параметры защиты их от вредного влияния очистных работ;

— определяются расчетные максимальные смещения пород на контуре (в кровле, почве, боках и по нормали к напластованию) незакрепленной выработки или закрепленной крепью с минимальным отпором P_{min}, практически не влияющим на уменьшение смещений. По величине расчетного максимального смещения на контуре выработки породы разделяются на следующие категории устойчивости:

	U, мм
Устойчивые	<50
Средней устойчивости . . .	50–200
Неустойчивые	200–500
Весьма неустойчивые	>500

— для каждого участка выработки, характеризующегося определенной категорией устойчивости пород, выбираются рациональные в этих условиях типы крепи;

— для монолитных бетонных, железобетонных и сборных типов крепи определяются технологические (место установки крепи относительно проходческого забоя, размер забутовки, необходимость тампонажных работ или цементации и др.) и конструктивные

(толщина крепи, плотность установки рам, марка бетона, величина податливости крепи и др.) параметры, обеспечивающие безремонтное поддержание выработки;

— окончательные параметры выработок (размеры их вчерне и в свету, расход материалов и т. п.), а в случае применения металлической податливой или штанговой крепи и конструктивные параметры крепи (шаг рам, тип спецпрофиля, плотность и глубина анкерования) принимаются в соответствии с действующими Типовыми проектами;

— с учетом технико-экономических показателей сооружения выработок принимается окончательный вариант их расположения и крепления.

Определение расчетной прочности пород

4.6. В качестве характеристики среды принят предел прочности породы на сжатие R_c «в куске».

При испытаниях пород должны быть изучены свойства всех слоев мощностью более 0,5 м, пересекаемых выработкой:

— в кровле на высоту, равную 1,5 ширины выработки;

— в боках на высоту выработки;

— в почве на глубину, равную ширине выработки.

4.7. При проведении выработки по породам с пределами прочности, отличающимися не более чем на 20%, расчет производится по минимальному значению R_c.

Для неоднородной слоистой среды с пределами прочности на сжатие, отличающимися по величине более чем на 20%, расчет производится по приведенной прочности на сжатие $\bar{R}_c$ отдельно для кровли, боков и почвы.

При двух разнопрочных слоях приведенная прочность на сжатие рассчитывается по формуле:

$$\bar{R}_c = R_{сл}\bar{f},$$

где $\bar{f}$ — коэффициент; определяется по номограмме (рис. 3) в зависимости от $f = R_{пр}/R_{сл}$ и $\bar{m} = m_{сл}/m$; $R_{пр}$, $R_{сл}$ — прочность на сжатие соответственно более прочного и более слабого из двух смежных слоев пород, кгс/см^2; $m_{сл}$, m — мощность более слабого слоя и суммарная мощность двух рассматриваемых слоев, м.

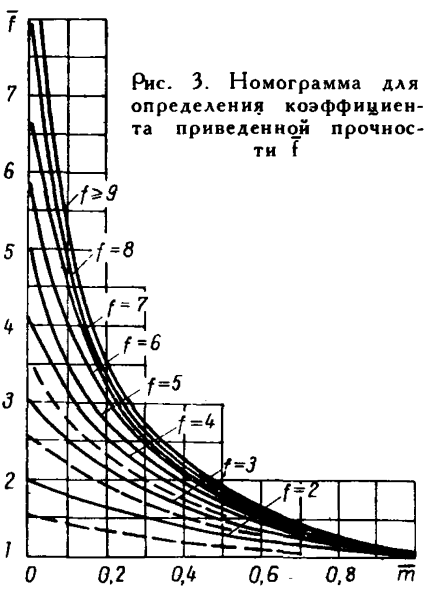


Рис. 3. Номограмма для определения коэффициента приведенной прочности $\bar{f}$

При наличии слоев более двух приведенная прочность определяется сначала для двух слоев, а затем первые два слоя принимаются однородной средой с характеристикой R_c и в расчет вводится новый слой и т. д.

Приведенные характеристики пород кровли $\bar{R}_к$, боков $\bar{R}_б$ и почвы $\bar{R}_п$ определяются с использованием формулы (19) в зависимости от приведенных мощностей соответственно кровли $m_к$, боков $m_б$ и почвы $m_п$.

Приведенные мощности $m_к$, $m_б$ и $m_п$ принимаются по вертикальной оси выработки (рис. 4) и определяются по формулам:

$$m_к = m_б + 1{,}5b;$$

$$m_б = h;$$

$$m_п = m_б + b.$$

Если по высоте сечения выработки расположены более прочные породы, а в кровле и почве менее прочные, отличающиеся по значению предела прочности на сжатие в два раза и более, то приведенные характеристики слоистых пород кровли и почвы вычисляются без учета пород, расположенных в пределах высоты сечения выработки.

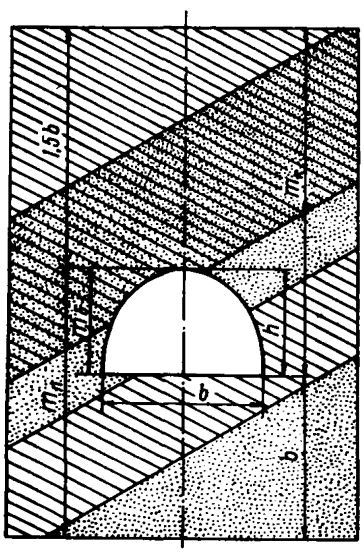


Рис. 4. Схема для определения приведенной мощности пород кровли $m_к$, боков $m_б$ и почвы $m_п$

В тех случаях, когда в непосредственной кровле или почве выработки расположен слой однородных прочных или слабых пород мощностью 2 м и более, то расчет производится по фактической прочности этих слоев без учета пород, расположенных выше (в кровле) или ниже (в почве) этого слоя.

4.8. При наличии обводненности пород снижение их прочности учитывается коэффициентом $f_в = 0{,}8$.

4.9. Учет тектонической нарушенности шахтного поля производится умножением прочности на коэффициент тектонической нарушенности $f_т$, определяемый по табл. 8.

На участках и в зоне влияния разрывных нарушений величину $f_т$ для данной тектонической обстановки следует уменьшить в два раза.

Окончательно расчетная прочность пород $R_c^р$ определяется по формуле:

$$R_c^р = \bar{R}_c f_в f_т. \qquad (19)$$

Таблица 8

Характеристика тектонической обстановки шахтного поля	Показатель тектонической нарушенности*	Коэффициент тектонической нарушенности $f_т$
Практически ненарушенные или имеющие отдельные мелкоамплитудные нарушения	До 50	1
Отдельные крупные нарушения на расстояниях свыше ширины зоны влияния нарушения	51–100	0,9
Сеть мелкоамплитудной нарушенности на расстояниях свыше ширины зоны влияния нарушения	101–150	0,8
Отдельные крупные нарушения и густая сеть мелкоамплитудной нарушенности на расстояниях от них свыше ширины зоны влияния нарушения	151–250	0,65
Значительное количество крупных и мелких разрывных нарушений на расстояниях от них свыше ширины зоны влияния нарушения	250	0,5

* Определяется в соответствии с «Методическими указаниями по оценке влияния разрывных нарушений на полноту выемки угля на сильно нарушенных месторождениях». Л., ВНИМИ, 1975.

Выбор оптимального расположения и охраны выработок

4.10. Протяженные выработки околоствольных дворов и магистральные выработки должны располагаться на расстояниях, исключающих их взаимное влияние друг на друга. Допустимое расстояние между выработками $L_д$, проходимыми в одной или разных горизонтальных плоскостях, определяется по табл. 9 в зависимости от

Таблица 9

Глубина от поверхности, м	Допустимое расстояние между выработками $L_д$ при прочности пород $R^р_с$, кгс/см^2							
	по простиранию				вкрест простирания			
	300	600	900	⩾1200	300	600	900	⩾1200
300	35*/20	18/16	15/13	12/10	18	15	12	10
600	40/25	20/18	17/15	14/12	22	18	15	12
900	45/30	25/21	20/17	16/14	26	21	17	14
⩾1200	50/35	35/30	25/20	18/16	30	25	20	15

* В числителе допустимое расстояние между выработками при пологом и наклонном залегании; в знаменателе – при крутом.

глубины заложения и минимальной приведенной прочности пород на контуре.

4.11. При невыполнении рекомендаций п. 4.10 параллельные выработки на участках взаимовлияния должны проходиться одновременно или с небольшим отставанием во времени (до закрепления их постоянной крепью).

4.12. При проходке выработок по неустойчивым породам вблизи контакта с ними рекомендуется располагать их таким образом,

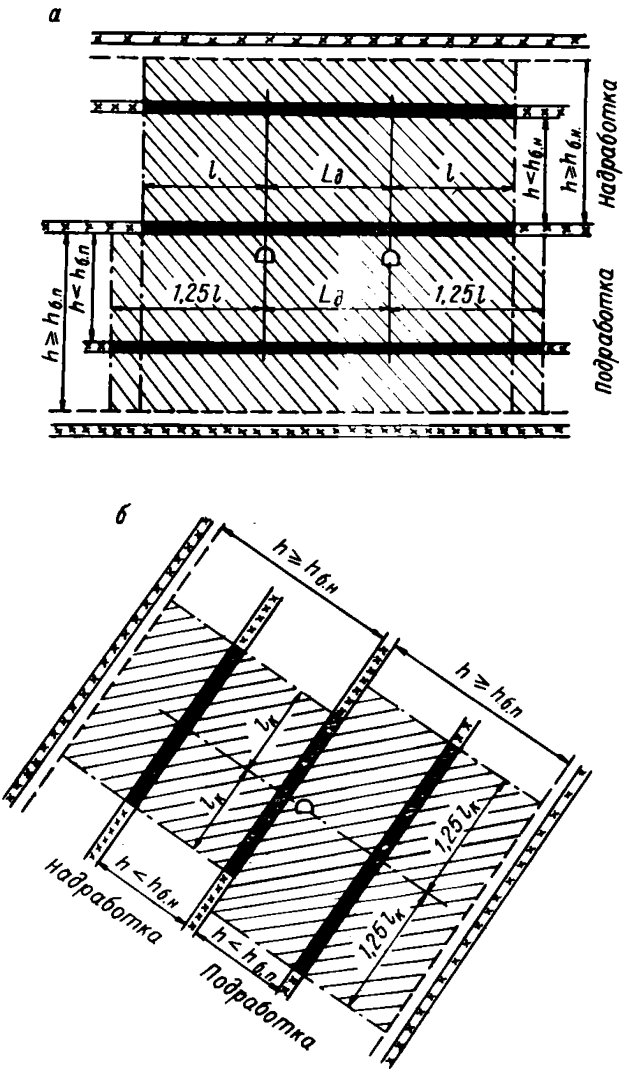


Рис. 5. Схема построения целиков:

а — пологое падение; *б* — наклонное и крутое

чтобы непосредственно в кровле или подошве выработки находились устойчивые породы.

4.13. Пройденные капитальные выработки для исключения вредного влияния очистных работ должны охраняться угольными целиками, схема построения которых при отработке собственного пласта или в условиях его надработки и подработки приведена на рис. 5, *а*, *б*. Во всех случаях ширина целиков откладывается от нормали, проводимой через границу очистных выработок в сторону массива.

Целики, оставляемые для охраны капитальных выработок, при их погашении должны быть отработаны.

4.14. Ширина целиков, оставляемых по собственному и надрабатывающему пластам (для углов падения до 45°), при креплении выработок жесткой крепью должна приниматься по табл. 10.

Таблица 10

Минимальная приведенная прочность пород на контуре выработки R_c^p, кгс/см^2	Ширина угольных целиков при глубине разработки, м								
	200	300	400	500	600	700	800	900	≥1000
До 200	70	85	100	110	120	130	140	145	145
300	50	65	80	90	100	110	115	120	120
400	45	50	65	75	85	90	95	100	100
500	40	45	50	60	70	75	80	85	85
600	35	40	45	50	60	65	70	75	75
800 и более	30	35	40	45	50	50	55	55	55

При креплении выработок податливой крепью ширина целиков может быть уменьшена на 25% по сравнению с данными табл. 10.

4.15. При крутом залегании пластов ($\alpha \geq 45°$) размеры целиков для охраны капитальных выработок, закрепленных как податливой, так и жесткой крепью, уменьшаются на 30% по сравнению с целиками при $\alpha < 45°$.

4.16. Размеры целиков для охраны подрабатываемых выработок, закрепленных жесткой крепью, должны быть увеличены на 25% по сравнению с целиками по собственному и надрабатывающему пластам.

Целики для охраны подрабатываемых выработок, закрепленных податливой крепью, принимаются таких же размеров, как и для охраны выработок при отработке собственного пласта и при надработке.

4.17. Целики для охраны капитальных выработок не оставляются:

1. При креплении выработок жесткой крепью и расположении их:

— ниже разрабатываемого пласта, т. е. $h_{б.н}$ по нормали более 175 м при проходке выработок по весьма неустойчивым породам, более 135 м — по неустойчивым, более 75 м — по породам средней

устойчивости и 50 м — при залегании в надрабатываемой толще устойчивых пород большой мощности (более 10 м);

— выше разрабатываемого пласта, т. е. $h_{б.п}$ на расстоянии по нормали более 250 мощностей подрабатывающего пласта.

2. При креплении выработок податливой крепью и расположении их:

— ниже разрабатываемого пласта на расстояниях по нормали более приведенных в табл. 11;

Таблица 11

Глубина расположения выработки $H^р$, м	Расстояние между пластом и надрабатываемой выработкой $h_{б.н}$ (м) в зависимости от прочности пород на контуре выработки $R_c^р$, кгс/см^2						
	300	400	500	600	700	800	⩾ 900
⩽ 600	95	80	65	55	45	35	30
700	105	90	75	65	55	45	40
800	110	95	80	70	60	50	45
900	115	100	85	75	65	55	50
⩾1000	120	105	90	80	70	60	55

— выше разрабатываемого пласта на расстояниях по нормали более приведенных в табл. 12.

Таблица 12

Глубина расположения выработки $H^р$, м	Расстояние между пластом и подрабатываемой выработкой $h_{б.п}$ (м) в зависимости от прочности пород на контуре выработки $R_c^р$, кгс/см^2						
	300	400	500	600	700	800	⩾ 900
⩽ 600	180	140	110	80	60	40	40
700	190	150	120	90	70	50	45
800	200	160	130	100	80	60	50
900	205	170	140	105	85	65	55
⩾1000	210	175	145	110	90	70	60

4.18. При проведении выработок в надработанной толще они должны располагаться под выработанным пространством вышележащих отработанных пластов. При этом удаление их от кромки массива в сторону выработанного пространства должно быть не менее величины междупластья.

Не рекомендуется располагать капитальные выработки под кромками пласта или под угольными целиками.

Определение расчетных максимальных смещений пород по контуру сечения выработки

4.19. Основным параметром для выбора несущей способности, типа, формы, режима работы крепи (жесткий или податливый)

и времени ее установки относительно забоя выработки, а также категории устойчивости пород является величина расчетного максимального смещения пород U со стороны кровли или почвы (в вертикальном направлении), боков (в горизонтальном направлении) или в направлении нормали к напластованию.

4.20. Величина U определяется за весь срок службы при условии закрепления выработки крепью с минимальным отпором P_{min}, не оказывающим существенного влияния на уменьшение смещений контура, по формуле:

$$U = U_т \; k_у \; k_{общ}, \qquad (20)$$

где $U_т$ — среднее смещение пород в выработке для типовых условий сооружения: выработка расположена вне зоны влияния смежных и сопрягающихся выработок, закреплена крепью с минимальным отпором, падение слоев пород $\alpha \leq 20°$, ширина выработки в свету 4 м. Величина $U_т$ определяется по номограмме рис. 6 в зависимости от расчетной прочности пород кровли, почвы или боков (R_c^p, кгс/см^2), глубины расположения (H^p, м) и срока службы выработки (t, мес). Ход решения по номограмме показан стрелками. $k_у$ — коэффициент вариации (надежности) определения максимальных смещений пород за счет неучтенных факторов. В зависимости от назначения выработки величину $k_у$ рекомендуется принимать по табл. 13; $k_{общ}$ — безразмерный коэффициент, зависящий от геологических условий, горнотехнической обстановки

Таблица 13

Назначение выработки	$K_у$
Основные выработки околоствольных дворов	1,6
Главные магистральные выработки и вспомогательные околоствольные выработки	1,3

сооружения выработок и направления прогнозируемого смещения

$$k_{общ} = \frac{k_\alpha k_s k_в}{k_в}, \qquad (21)$$

где k_α — безразмерный коэффициент, учитывающий влияние угла падения слоев, прочность пород и направление проходки выработки относительно простирания пород, определяется по номограммам (рис. 7); k_s — коэффициент, учитывающий влияние размеров сечения выработки, определяется по формуле:

$$k_s = 0{,}25b, \qquad (22)$$

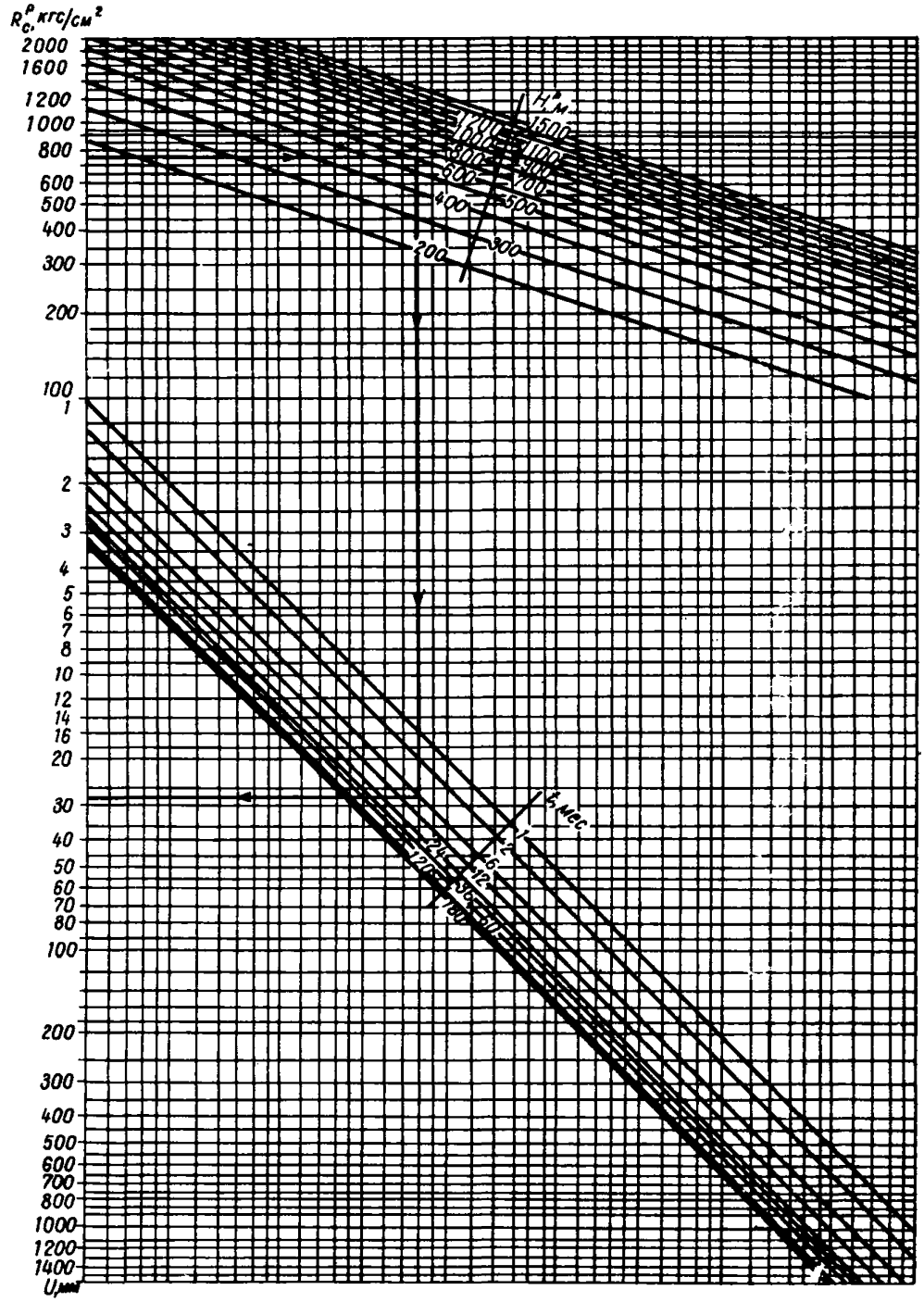


Рис. 6. Номограмма для определения смещения $U_т$

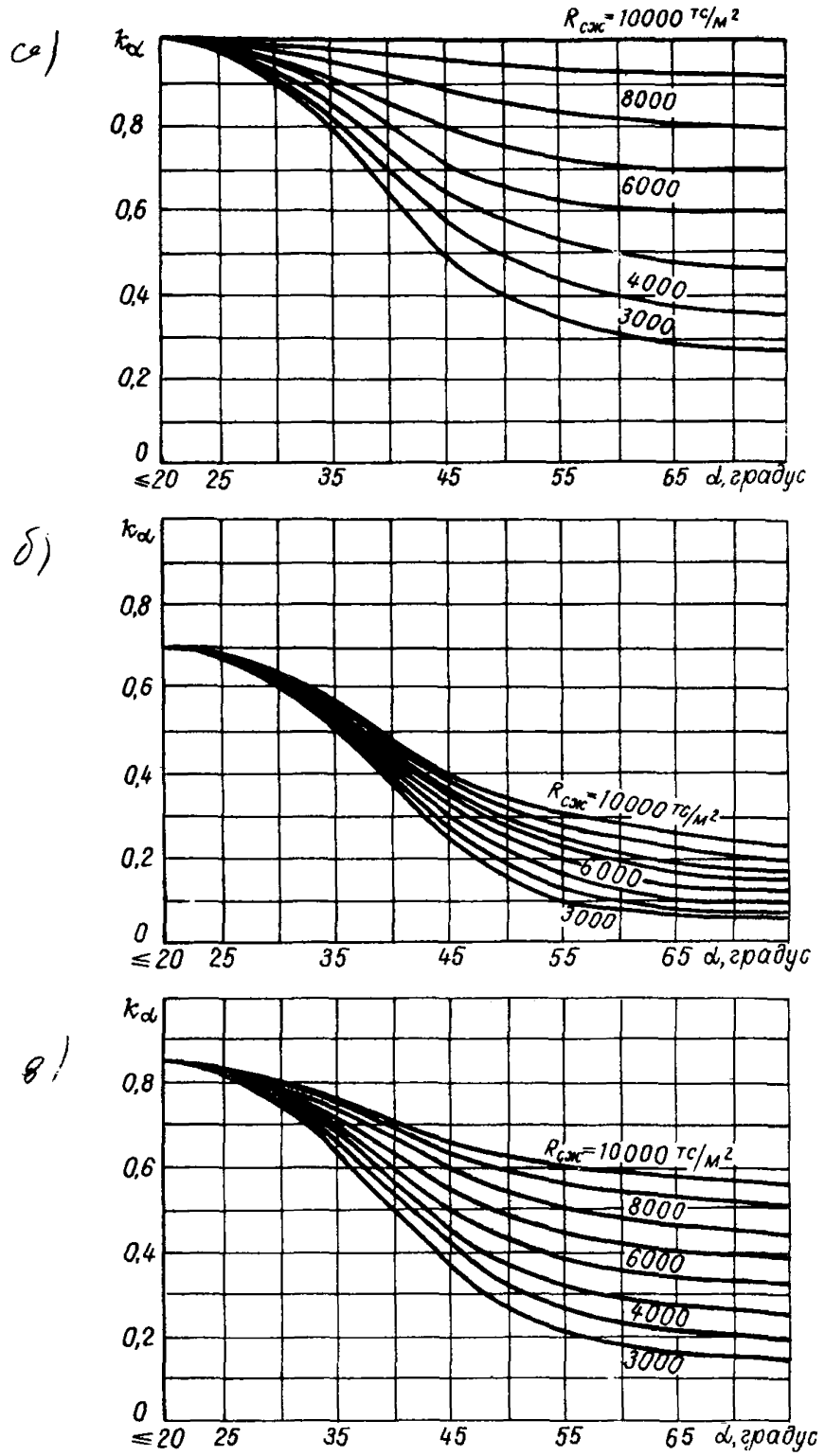


Рис. 7. Номограммы для определения коэффициента k_α:

а — для выработок I группы; *б* — II группы; *в* — III группы

где b — ширина выработки в свету, м; $k_в$ — коэффициент, учитывающий взаимное влияние выработок, пройденных на расстоянии L менее допустимого $L_д$. Допустимое расстояние определяется по табл. 9. При $L \geq L_д$ коэффициент $k_в = 1$.

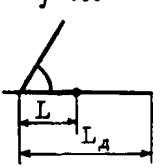
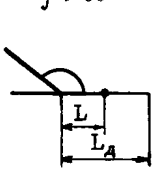
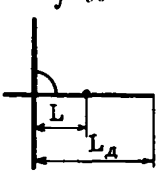
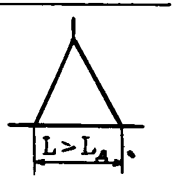
Величина коэффициента $k_в$ для параллельных выработок, расположенных на расстояниях менее указанных в табл. 9, определяется по формуле:

$$k_в = \frac{L_д}{L}. \qquad (23)$$

Формула (23) справедлива для условий, когда расстояние между выработками $L \geq 10$ м.

Величину коэффициента $k_в$ для различных схем сопрягающихся выработок рекомендуется определять по табл. 14 в зависимости

Таблица 14

Относительное расстояние от узла сопряжения $\frac{L}{\bar{L}_д}$	Значение $k_в$ для типов сопряжений			
	$\beta < 90°$ 	$\beta > 90°$ 	$\beta = 90°$ 	
0,00	2,50	2,50	3,00	3,00
0,25	2,10	1,75	2,50	2,50
0,50	1,75	1,50	2,00	2,00
0,75	1,40	1,25	1,50	1,50
> 1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

от угла сопряжения выработок β, типа схемы и относительного расстояния от узла сопряжения $L/\bar{L}_д$, где $\bar{L}_д = L_д/\sin\beta$ при $\beta \leq 90°$ и $\bar{L}_д = L_д$ при $\beta > 90°$.

Для треугольного сопряжения (узел с двойным заездом) при расстоянии $L \leq L_д$ на всем протяжении выработки между узлами принимается $k_в = 3$.

k_θ — коэффициент, учитывающий направление прогнозируемых смещений.

При определении смещения в вертикальном направлении (со стороны кровли или почвы) k_θ принимается равным 1.

При определении бокового смещения (в горизонтальном направлении) k_θ находится по графикам (рис. 8) в зависимости от группы выработок и угла падения слоев пород α.

4.21. Для выработок I группы при углах падения пород $20° < \alpha \leq 50°$ дополнительно определяют смещения контура по нормали к напластованию:

$$U_н = \frac{U_к}{\cos \alpha}, \qquad (24)$$

где $U_к$ — смещение со стороны кровли выработки, определяемое по п. 4.20.

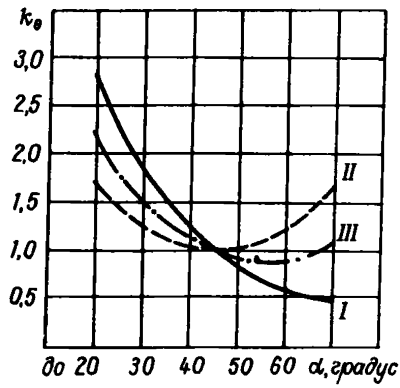


Рис. 8. Графики изменения k_θ от угла падения пород и группы выработок

Выбор типа крепи и определение ее параметров

4.22. Выбор типа крепи производится в зависимости от расчетных максимальных смещений контура выработки (пп. 4.19—4.21) и категории устойчивости пород (п. 4.5). В зависимости от устойчивости пород для крепления капитальных выработок могут применяться крепи различных конструкций и податливости.

4.23. В устойчивых породах при смещении контура до 50 мм рекомендуется к применению:

— набрызг-бетонная крепь толщиной до 5 см — в монолитных породах;

— набрызг-бетонная крепь толщиной 5—10 см — в трещиноватых породах;

— штанговая крепь с опорными плитами и решетчатой затяжкой — в монолитных породах и в сочетании с набрызг-бетоном толщиной до 5 см — в трещиноватых породах.

Время и порядок возведения штанговой и набрызг-бетонной крепи определяются технологической схемой проходки выработок. При этом возведение штанговой крепи производится у забоя проходимой выработки.

4.24. Для крепления выработок, сооружаемых в породах средней устойчивости при расчетных максимальных смещениях контура U от 50 до 200 мм, рекомендуются крепи без обратного свода:

— штанговая крепь с металлическими подхватами и решетчатой затяжкой с последующим (через 30—40 дней) возведением набрызг-бетонной крепи толщиной до 10 см (при $50 < U \leq 75$ мм);

— монолитная бетонная крепь, возводимая через 30—60 дней с момента обнажения пород и удаления забоя выработки не менее чем на 30 м. При этом в качестве временной крепи рекомендуется применять штанговую крепь (в трещиноватых породах с металлической антикоррозийной сеткой), возводимую у забоя проходимой выработки (при $50 < U \leq 150$ мм);

— блочные, панельные и тюбинговые крепи, устанавливаемые в забое проходимой выработки, без податливых прокладок или с податливыми прокладками, с последующим заполнением пустот закрепного пространства породой от подрывки или тампонажем (при $50 < U \leq 200$ мм);

— металлическая податливая крепь (при $50 < U \leq 200$ мм).

4.25. Для крепления капитальных выработок, сооружаемых в неустойчивых породах при смещениях контура 200—500 мм, рекомендуются:

— блочные и тюбинговые крепи с податливыми элементами;

— монолитные железобетонные крепи с жесткой арматурой. При этом металлические рамы из двутаврового или специального профиля возводятся вблизи забоя, а затем с отставанием во времени 1—2 мес производится их бетонировка;

— металлическая податливая крепь совместно со штанговой крепью, устанавливаемой в промежутках между рамами. Штанги закрепляются патронированными быстротвердеющими смесями. Эта крепь рекомендуется для протяженных выработок, которые могут оказаться в зоне влияния очистных работ.

При смещении контура со стороны почвы более 200 мм должны применяться крепи замкнутой конструкции с обратным сводом.

В случае применения податливых крепей или при установке жесткой крепи с отставанием от забоя необходимо предусматривать увеличение проектных размеров сечения выработки с учетом допущенных смещений.

4.26. Для крепления выработок, сооружаемых в весьма неустойчивых породах при смещении контура более 500 мм, должны применяться замкнутые крепи, указанные в п. 4.25. При этом обязательным условием является упрочнение пород на контуре выработки.

В случае применения наиболее распространенного способа упрочнения пород путем цементации определяется ее глубина и объем на 1 п. м выработки.

Необходимая глубина цементации $h_ц$ (м) отдельно для кровли и почвы определяется по формуле:

$$h_ц = r k_t (0{,}2 + 1{,}6U) + 0{,}2 \ , \qquad (25)$$

где r — средний радиус контура выработки, м; k_t — коэффициент снижения величины U в зависимости от времени начала работ по цементации после проведения выработки. Определяется по графику (рис. 9). U — расчетное максимальное смещение контура выработки соответственно для пород кровли или почвы, м.

Объем цементации на 1 п. м определяется отдельно для верхней половины выработки по кровле и для нижней — по породам почвы по формуле:

$$V = 0{,}3 h_ц \left(r + \frac{h_ц}{2}\right). \qquad (26)$$

При наличии слоя забутовки за крепью последняя перед проведением работ по цементации тампонируется песчано-цементным раствором. Объем тампонирования $V_{тамп}$ определяется в зависимости от объема забутовки $V_з$ по формуле:

$$V_{тамп} = 0{,}3V_з . \qquad (27)$$

При проведении работ по цементации и тампонажу руководствоваться утвержденными инструкциями.

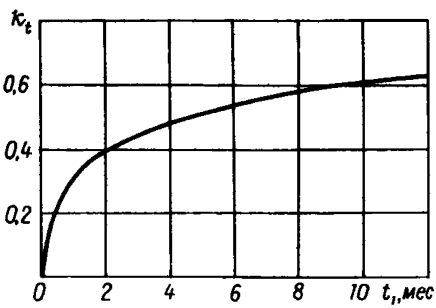


Рис. 9. График для определения k_t

В связи с упрочнением массива необходимо вновь определить расчетные смещения, увеличив при этом расчетную прочность R_c^p на 30%.

4.27. Кроме выше указанных типов крепи в породах различной устойчивости возможно применение и других конструкций с аналогичными рабочими характеристиками.

Применение жесткой металлической двутавровой сводчатой или с пониженным обратным сводом крепи с железобетонной затяжкой для крепления капитальных выработок не рекомендуется.

Податливые элементы любой конструкции крепи выработок, сооружаемых на крутых и наклонных пластах в направлении простирания, следует располагать с учетом ожидаемых максимальных смещений и нагрузок пород по нормали к напластованию.

4.28. Окончательные параметры выработок (размеры вчерне и в свету, расход материалов и т. п.), а для штанговой и металлической податливой крепей и конструктивные параметры (глубина анкерования, плотность и тип профиля) принимаются в соответствии с действующими типовыми проектами.

4.29. Выбор конструктивных и технологических параметров для монолитных бетонных, железобетонных и сборных типов крепи производится по величине расчетных максимальных смещений пород за весь срок службы выработки U, определяемых в зависимости от геологических и горнотехнических условий по пп. 4.19—4.21.

В общем случае, исходя из условий безремонтного поддержания выработок, смещения пород контура должны быть компенсированы за счет смещений, происходящих до установки крепи U_{t_1}, смещений за счет сжатия забутовки $U_з$, конструктивной податливости крепи $U_{кр}$ и смещений, погашаемых отпором крепи $U_р$.

При применении металлической податливой крепи, у которой отпор не оказывает существенного влияния на уменьшение смещений пород контура, а сами крепи устанавливаются непосредственно

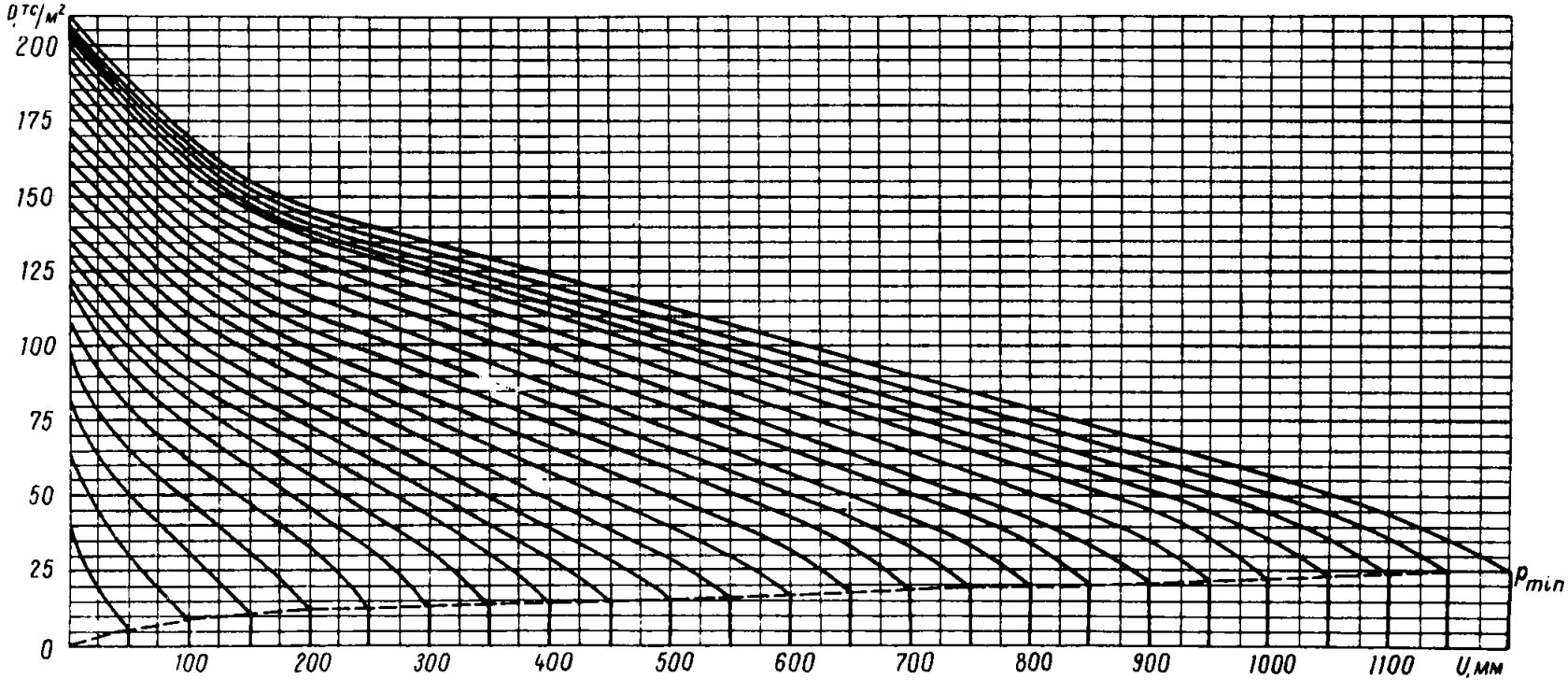


Рис. 10. Номограмма для выбора расчетной нагрузки на крепь

у забоя выработки, принимается, что величина смещений пород компенсируется только податливостью крепи $U_{кр}$.

При применении жесткой или ограниченно-податливой крепи компенсация смещений достигается одновременным или раздельным использованием технологических (удаление установки крепи от забоя, усадка забутовки) и конструктивных (податливость и отпор крепи) мероприятий.

4.30. Для крепи жесткой или ограниченно-податливой выбор конструктивных параметров крепи (толщины, марки бетона, необходимого армирования) производится по расчетным нагрузкам, определяемым исходя из условий безремонтного поддержания выработок.

Расчетные нагрузки определяются по максимальным смещениям поочередно в кровле и почве (в вертикальном направлении), в боках (в горизонтальном направлении) и по нормали к напластованию — по номограмме (рис. 10).

На рис. 10 по оси абсцисс откладываются величины расчетных максимальных смещений контура выработки U в заданном направлении (например, в кровле). Ось ординат определяет расчетную нагрузку на крепь. Сплошные линии характеризуют влияние отпора крепи в зависимости от величины расчетных максимальных смещений. Эти линии пересекают ось абсцисс через каждые 50 мм. Пунктирная линия определяет величину минимального отпора крепи P_{min}, не влияющего на смещение пород.

Последовательность расчета нагрузок поясняется на схеме (рис. 11). По оси абсцисс откладывается величина расчетных максимальных смещений U, которая совмещается с ближайшей сплошной линией.

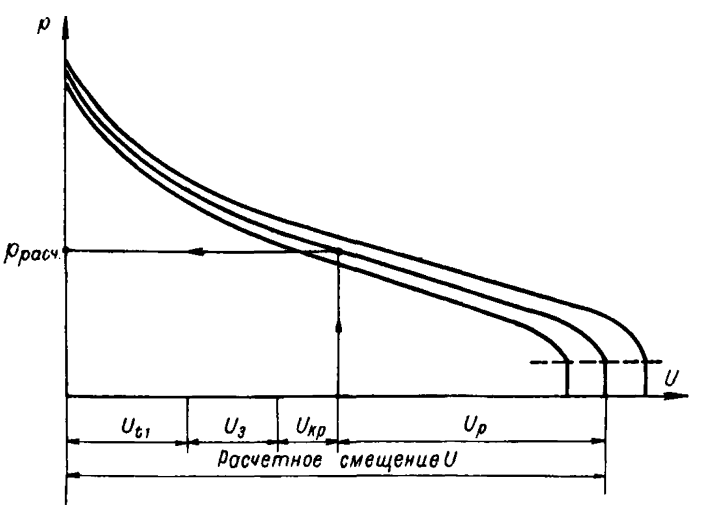


Рис. 11. Схема к определению расчетной нагрузки на крепь

По этой же оси от начала координат последовательно откладываются смещения, реализуемые до установки крепи U_{t_1}, за счет сжатия забутовки $U_з$ и за счет конструктивной податливости крепи $U_{кр}$. Из точки на оси абсцисс, в которой значение смещений равно сумме технологической и конструктивной податливости ($U_{t_1}+U_з+U_{кр}$), восстанавливается перпендикуляр до пересечения со сплошной линией, выбранной по расчетному смещению. Ордината точки пересечения со сплошной линией определяет расчетную нагрузку на крепь ρ. Примеры расчета приведены в приложении 6.

4.31. Смещения, происходящие до установки крепи U_{t_1}, определяются по формуле:

$$U_{t_1}=Uk_t, \qquad (28)$$

где k_t — определяется по графику (рис. 9) в зависимости от времени установки крепи t_1.

4.32. Смещения, компенсируемые за счет сжатия забутовки $U_з$, определяются в зависимости от материала забутовки, толщины слоя забутовки и расчетной нагрузки на крепь ρ. При использовании пород от подрывки величина усадки $U_з$ приближенно принимается 15—25% от толщины забутовки. Нижний предел усадки $U_з$ соответствует расчетной нагрузке 20 тс/м^2, верхний — 125 тс/м^2.

4.33. В зависимости от расположения элементов неоднородности слоистой среды на контуре выработки строится эпюра нагрузок на крепь, которая является основным исходным параметром для статического расчета крепи с проверкой прочности опасных сечений.

Предварительный выбор параметров крепи следует производить по максимальной величине ρ на контуре выработки.

Если для крепления выработок принята бетонная или железобетонная крепь, то необходимо по величине ρ для бетонной крепи выбрать ее толщину,

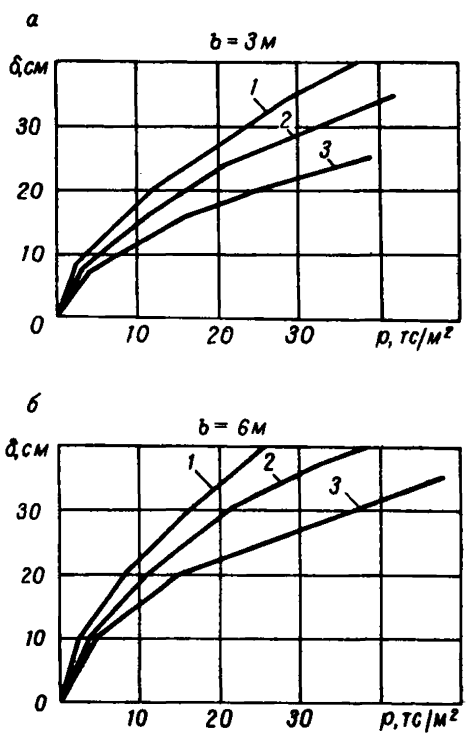


Рис. 12. Номограмма для выбора толщины монолитной сводчатой крепи в однопутевой (*а*) и двухпутевой (*б*) выработке в зависимости от марки бетона:

1 — при марке бетона М150; *2* — М200; *3* — М300

для железобетонной — тип и номер двутавра, плотность ее установки.

Для предварительного выбора толщины стен монолитной бетонной сводчатой крепи в зависимости от расчетной нагрузки, марки бетона и ширины выработки рекомендуется номограмма (рис. 12). Толщина бетонной крепи в своде принимается на 30% меньше, чем в стенах.

В случае применения для крепления капитальных выработок монолитных железобетонных крепей с жесткой арматурой из двутаврового профиля предварительный выбор плотности установки двутавровых рам для круговой крепи рекомендуется производить

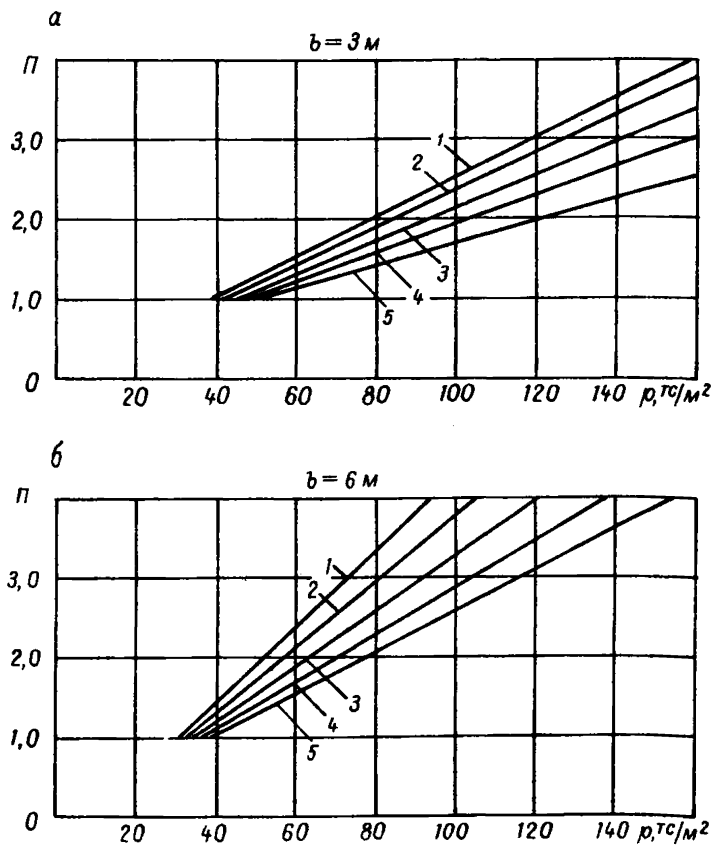


Рис. 13. Графики для выбора плотности установки двутавровых рам железобетонной крепи в однопутевой (*а*) и двухпутевой (*б*) выработках в зависимости от величины расчетной нагрузки на крепь и номера двутаврового профиля:

1 — двутавр № 16; *2* — № 18; *3* — № 20; *4* — № 22; *5* — № 24

по графику (рис. 13) в зависимости от расчетной нагрузки на крепь, ширины выработки и номера профиля двутавра. При этом толщина бетона принимается равной 30 см.

В случае применения крепи с выположенным сводом в кровле и почве плотность установки рам увеличивается на 25%. Если выположенный обратный свод применяется только в почве, то для сохранения одинаковой плотности установки крепи бетонировку рам в почве следует производить с отставанием, обеспечивающим снижение нагрузки в почве на 25%.

4.34. Окончательный выбор конструктивных параметров жесткой и ограниченно-податливой крепи для неустойчивых и весьма неустойчивых пород осуществляется на основе ее статического и прочностного расчета.

Статический расчет крепи производится по известным методикам и руководствам. Одна из методик статического и прочностного расчета монолитных и сборных конструкций с использованием ЭВМ приведена в приложении 5.

Примеры прогнозирования проявлений горного давления, выбора типов и параметров крепи, а также статического и прочностного расчетов приведены в приложении 6.

5. ОСНОВНЫЕ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ВЫРАБОТКИ

Основные положения

5.1. При проектировании основных подготовительных выработок следует исходить из обеспечения их безремонтного поддержания в течение всего срока службы. Безремонтное поддержание создается:

охраной выработок целиками угля больших размеров, исключающими вредное влияние очистных работ (рис. 14, *а*);

расположением выработок в породах почвы разрабатываемых пластов (полевая подготовка) с последующей их надработкой (рис. 14, *б*), либо в зонах, разгруженных от повышенного горного давления (рис. 14, *в*);

проведением выработок широким ходом с выкладкой бутовых полос при невозможности оставления целиков угля (рис. 14, *г*).

5.2. Для крепления основных подготовительных выработок следует применять, как правило, податливые незамкнутые крепи арочной формы, а в легких условиях — штанговую крепь. Параметры и плотность установки указанных крепей следует принимать в соответствии с действующими Типовыми проектами сечений горных выработок.

5.3. При невозможности обеспечить безремонтное поддержание основных подготовительных выработок с помощью крепей согласно Типовым проектам следует применять крепи с большей несущей способностью или податливостью или специальные (в том числе замкнутые).

5.4. Выбор места расположения, способа охраны, типа и параметров

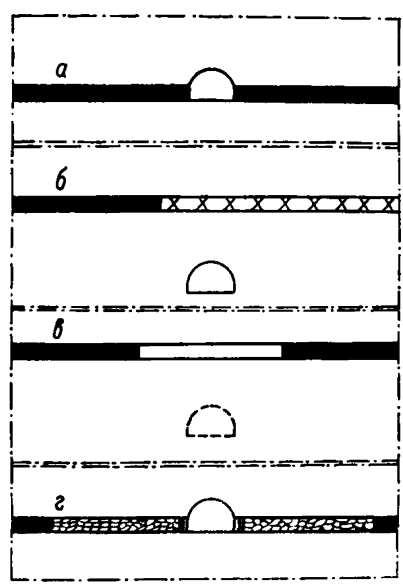


Рис. 14. Схемы охраны основных подготовительных выработок

крепи для основных подготовительных выработок должен базироваться на расчете ожидаемых смещений пород со стороны кровли и почвы выработок. При этом расчетные смещения пород кровли не должны превышать конструктивную податливость принимаемой крепи, а смещения пород почвы — не превышать допустимых значений по условиям эксплуатации выработок.

5.5. Выбор места заложения выработки, способа ее охраны, типа и параметров крепи производится в такой последовательности:

— оцениваются геологические условия разработки и на их основе с учетом общих положений Указаний принимается наиболее приемлемый по условиям эксплуатации вариант расположения и способа охраны выработки;

— устанавливаются расчетные смещения пород в выработке;

— определяется возможность обеспечения безремонтного поддержания выработки крепями в соответствии с действующими Типовыми проектами;

— при невозможности обеспечить безремонтное поддержание выработки в принятом варианте с помощью крепей согласно действующим Типовым проектам рассматриваются другие варианты расположения, охраны и крепления выработки, обеспечивающие ее безремонтное поддержание (например, проведение выработок в прочных породах почвы, в разгруженных зонах, применение крепей с повышенной несущей способностью и податливостью или замкнутых крепей). Для этих вариантов также определяются расчетные смещения пород и требуемые параметры крепи.

Выбор окончательного варианта расположения, способа охраны и крепи выработок производится на основе технико-экономического анализа.

Определение расчетной прочности пород

5.6. При определении смещений пород на контуре выработок расчетную прочность R_c^p следует принимать средней из величин приведенных прочностей пород кровли и почвы, устанавливаемых:

для полевых выработок — в соответствии с пп. 4.6—4.7;

для пластовых выработок — в соответствии с пп. 4.6—4.7 без учета прочности угольного пласта, влияние которого на смещение пород характеризуется коэффициентом k_m (см. п. 5.10).

В обводненных выработках расчетную прочность пород с $R_c^p > 200$ кгс/см^2 следует уменьшать на 20%, а пород с $R_c^p < 200$ кгс/см^2 — в два раза.

5.7. Почвы пластов следует разделять на четыре типа по степени пучения: непучащие, малопучащие, пучащие, сильнопучащие. К непучащим относятся почвы при $\gamma H/R_c^p < 0{,}3$; к малопучащим — при $\gamma H/R_c^p = 0{,}3—0{,}5$; к пучащим — при $\gamma H/R_c^p = 0{,}5—1$; к сильнопучащим — при $\gamma H/R_c^p > 1$.

Определение параметров охраны и расчетных смещений пород

5.8. При разработке одиночных тонких и средней мощности пологих и наклонных пластов с залеганием в почве малопучащих и непучащих пород ($\gamma H/R_c^p < 0{,}5$) основные подготовительные выработки следует преимущественно проводить по пласту угля. Охрану этих выработок следует осуществлять целиками угля, размеры которых с каждой стороны не менее указанных в табл. 15.

Таблица 15

Прочность пород на сжатие, кгс/см^2	Ширина целиков (м) при глубине расположения выработки, м		
	до 300	300–600	> 600
До 300	40	50	60
300–600	30	40	50
> 900	30	30	40

5.9. Расстояние между пластовыми выработками, охраняемыми целиками угля, должно быть не менее 15 м на глубине до 300 м, 20 м — на глубинах 300—900 м, 30 м — на глубинах более 900 м.

5.10. При выполнении условий пп. 5.8—5.9 общие расчетные смещения пород в пластовых горизонтальных и наклонных выработках следует определять по формуле

$$U_{общ} = k_{пр}(U_{пр} + 12 v_0 k_t) k_s k_m, \qquad (29)$$

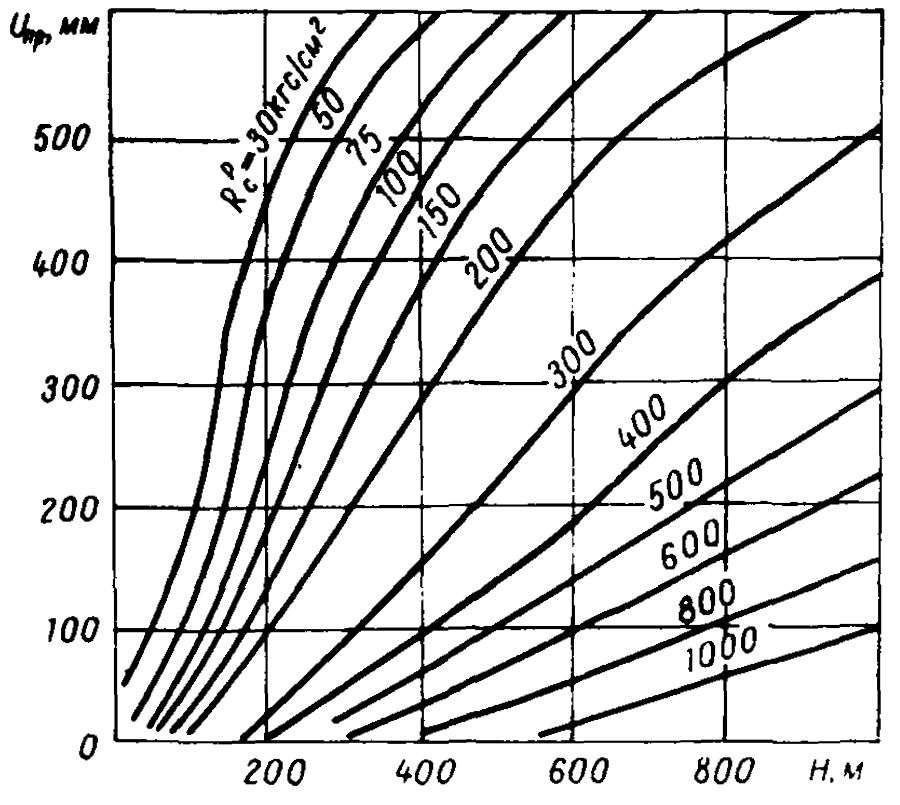
где $k_{пр}$ — коэффициент, учитывающий способ проведения выработок, равный 1 при буровзрывном способе проходки и 0,8 — при комбайновом; $U_{пр}$ — смещения пород в типовых условиях под влиянием проведения выработки (мм), принимаемый по графику (рис. 15, *а*)*; v_0 — средняя скорость смещений в выработках вне влияния очистных работ в течение первого года эксплуатации (мм/мес), принимаемая по графику (рис. 15, *б*); k_t — коэффициент влияния времени (табл. 16); k_s — коэффициент, учитывающий влияние площади сечения выработки, определяемый по табл. 17; k_m — коэффициент, учитывающий влияние мощности пласта, определяемый по табл. 18.

5.11. Разделение общих расчетных смещений пород $U_{общ}$ на смещения пород кровли $U_{кр}$ и почвы $U_п$ следует производить по формулам:

$$U_{кр} = U_{общ} k_к; \qquad (30)$$

* За типовые условия здесь и далее в разделах 5 и 6 Указаний приняты следующие: сечение выработки в свету до осадки — 10 м^2; мощность пласта — 2 м; породы кровли пластов — средней обрушаемости; породы почвы пластов малопучащие ($\gamma H/R_c = 0{,}3—0{,}5$).

а



б

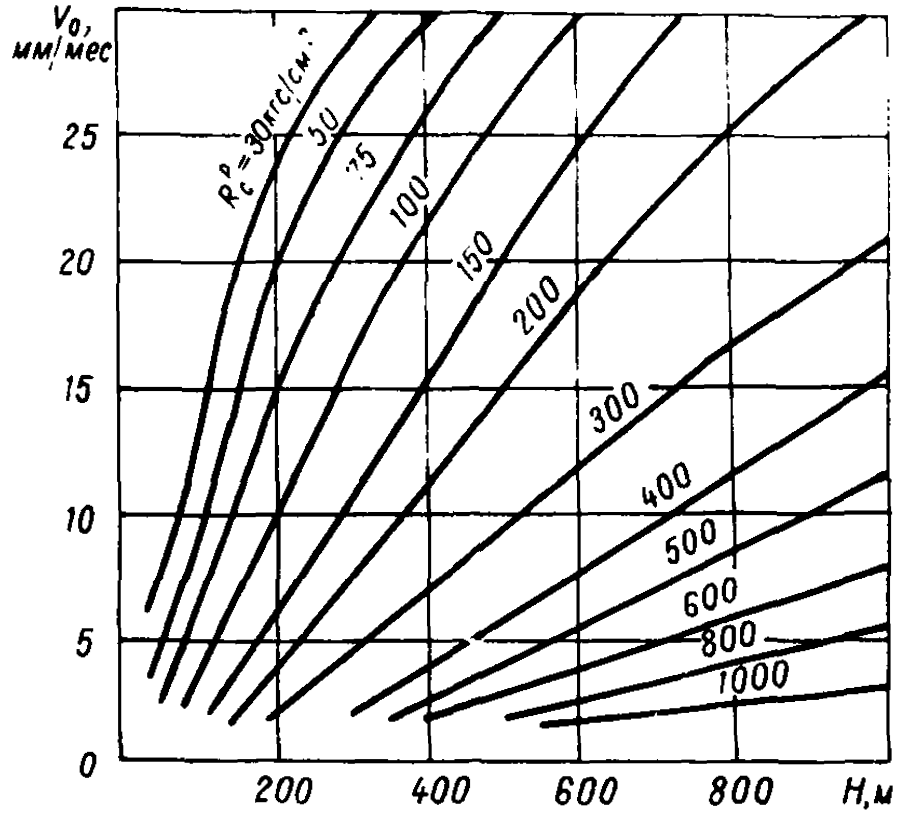


Рис. 15. Смещения пород $U_{пр}$ (*а*) и скорость смещения v_0 (*б*) в выработках вне зоны влияния очистных работ

Таблица 16

Срок поддержания выработок, лет	Значение коэффициента k_t при прочности пород на сжатие, кгс/см^2								
	30	50	75	100	150	200	400	600	800 и более
2	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,05	1,00	1,0
3	2,7	2,4	2,0	1,6	1,3	1,2	1,10	1,05	1,0
4	3,6	3,1	2,4	1,8	1,5	1,3	1,15	1,07	1,0
5	4,5	3,8	2,7	2,0	1,6	1,4	1,20	1,10	1,0
10	9,0	6,8	4,5	2,5	2,0	1,5	1,35	1,20	1,0

Таблица 17

S, м^2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
k_s	0,65	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,25	1,35	1,45

Таблица 18

m, м	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
k_m	0,5	0,60	0,7	0,8	1,00	1,1	1,2	1,3

$$U_п = U_{общ}(1 - k_к), \qquad (31)$$

где $k_к$ — коэффициент, определяющий долю смещения пород кровли в общих смещениях пород в выработке, определяемый по графику (рис. 16).

5.12. При разработке мощных пластов и свит сближенных пластов, а также при наличии в почве тонких и средней мощности пологих и наклонных пластов пучащих и сильнопучащих пород ($\gamma H/R_c^p > 0{,}5$) основные подготовительные выработки преимущественно следует проводить полевыми, располагая их в таких породах и на таком расстоянии от пласта, при которых обеспечивается выемка пласта без оставления целиков для охраны полевой выработки. Расстояние от выработки до пласта $h_н$ должно быть не менее 5 м.

Выбор места заложения полевой выработки (при последующей ее надработке), типа и параметров крепи должен производиться на основании расчета смещений пород по формуле:

$$U_{н\,общ} = [0{,}4k_{пр}(U_{пр} + 12v_0 k_t) + (U_{1н} + 12v_{1н} k_t)]k_s, \qquad (32)$$

где $U_{1н}$ — смещения пород в зоне влияния временного опорного давления надрабатывающей лавы (мм), определяемые по номограмме (рис. 17), $v_{1н}$ — средняя скорость смещения пород в надработанном массиве (мм/мес), определяемая по номограмме (рис. 18).

5.13. В случае невозможности обеспечить безремонтное поддержание выработок при охране их целиками или проведении

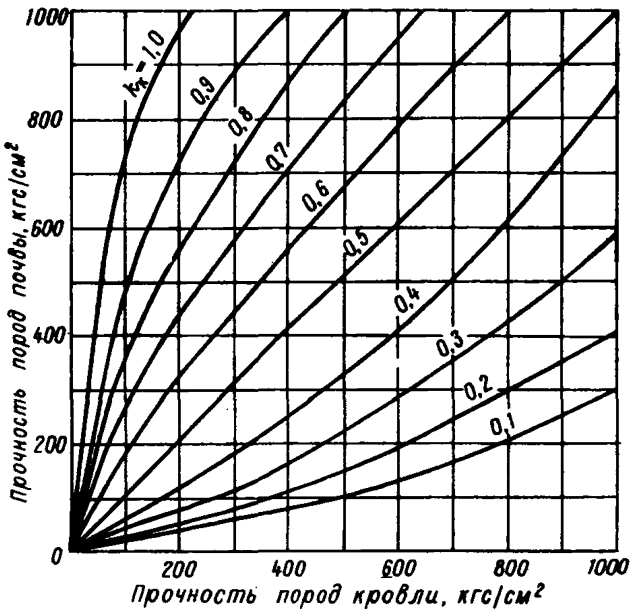


Рис. 16. График для определения значений коэффициента $k_к$

полевыми следует производить опережающую (до проведения выработок) разгрузку массива от повышенного горного давления.

Рекомендуются следующие схемы разгрузки массива:

1) Лава по вышележащему пласту нарезается на расстоянии от надрабатываемой проектируемой выработки равном расстоянию от выработки до пласта, но не менее 10 м, и очистные работы ведутся на выработку.

2) Разгрузочная лава (полоса) длиной, равной двукратному расстоянию от выработки до пласта, отрабатывается над проектируемой выработкой на всем ее протяжении.

Допускается одновременная отработка разгрузочной лавы и проведение выработки с отставанием ее забоя от забоя лавы не меньшим, чем расстояние от выработки до пласта.

Выбор типа и параметров крепи в выработках, располагаемых в зонах, разгруженных от повышенного горного давления, следует производить на основании расчета смещений пород по формуле:

$$U_{н\,общ} = 0{,}7[0{,}4k_{пр}(U_{пр} + 12v_0 k_t) + 12v_{1н} k_t]k_s. \qquad (33)$$

5.14. На пологих и наклонных пластах мощностью до 1,5 м при невозможности обеспечить безремонтное поддержание основных подготовительных выработок с помощью целиков допускается производить их охрану двусторонними бутовыми полосами шириной 8—12 м. При проведении нескольких параллельных выработок

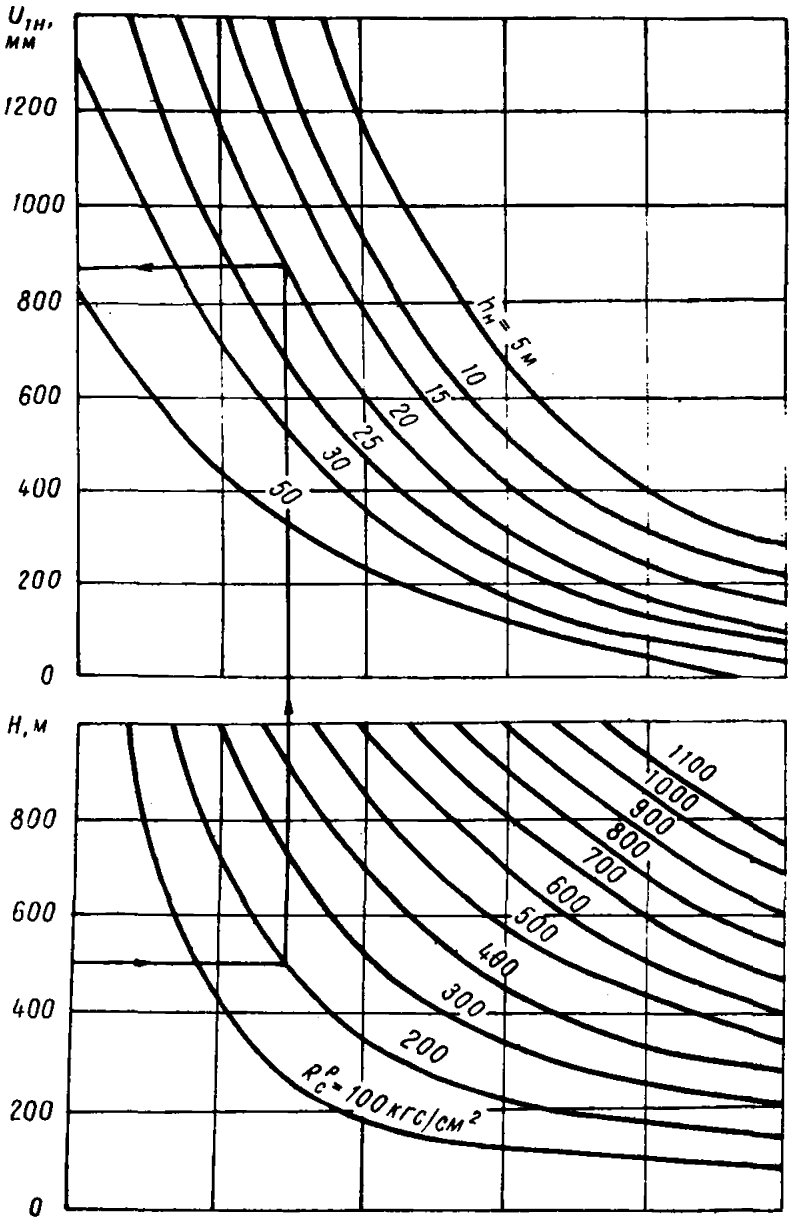


Рис. 17. Номограмма для определения смещений пород $U_{1н}$

их можно проводить обособленными забоями с оставлением целиков между смежными бутовыми полосами шириной 5—7 м или общим забоем по углю.

Расчет смещений пород в этих выработках должен производиться по формуле:

$$U_{кр} = mk_б, \qquad (34)$$

где $k_б$ — коэффициент, учитывающий влияние бутовых полос (рис. 19).

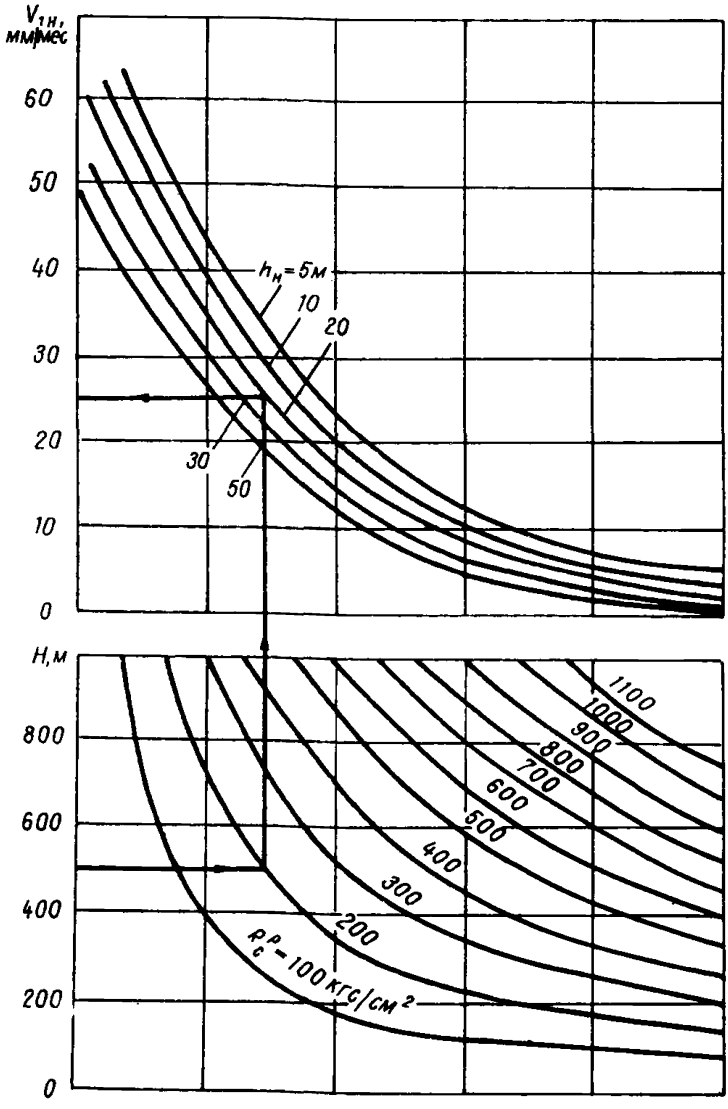


Рис. 18. Номограмма для определения скорости смещения пород $v_{1н}$

5.15. Охрану основных подготовительных выработок при крутонаклонном и крутом залегании пластов следует производить путем их проведения полевыми в почве разрабатываемых пластов.

5.16. Выбор расстояния от выработки до нижнего пласта в свите и параметров крепи при условии полной отработки нижнего пласта до горизонта заложения выработки следует производить на основании расчета смещений пород по формуле:

$$U_{общ} = (U_0 + U_1 + U_2)k_s, \qquad (35)$$

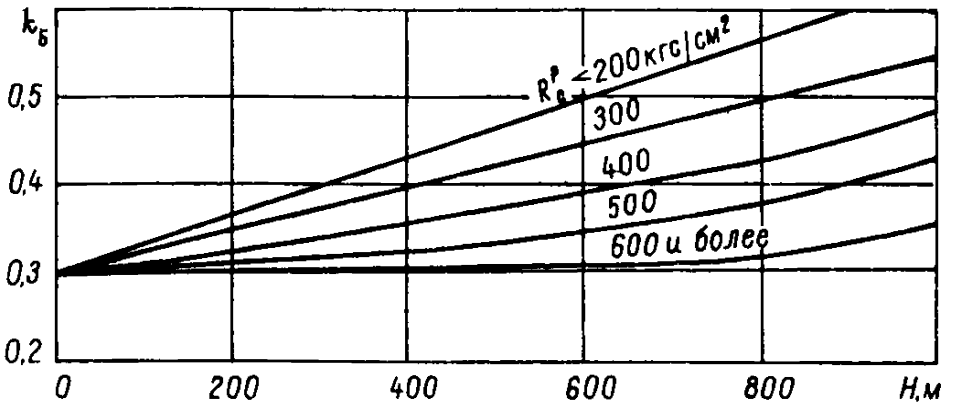


Рис. 19. График для определения значений коэффициента $k_б$

где U_0 — смещения пород вне влияния очистных работ (мм), определяемые согласно п. 5.10 по формуле:

$$U_0 = (U_{пр} + 12 v_0 k_t) k_{пр} k_\alpha, \qquad (36)$$

k_α — коэффициент влияния угла падения, принимаемый равным 0,85 для крутонаклонных пластов и 0,65 — для крутых пластов; $k_{пр}$ — коэффициент (см. п. 5.10); U_1 — смещения пород (мм) под влиянием очистных работ в лаве верхнего этажа при использовании выработок в качестве откаточных, определяемые по формуле:

$$U_1 = U_{1\,табл}\, k_{h_н}, \qquad (37)$$

$U_{1\,табл}$ — для крутых пластов следует принимать по графику (рис. 20), а для крутонаклонных пластов — по данным рис. 20,

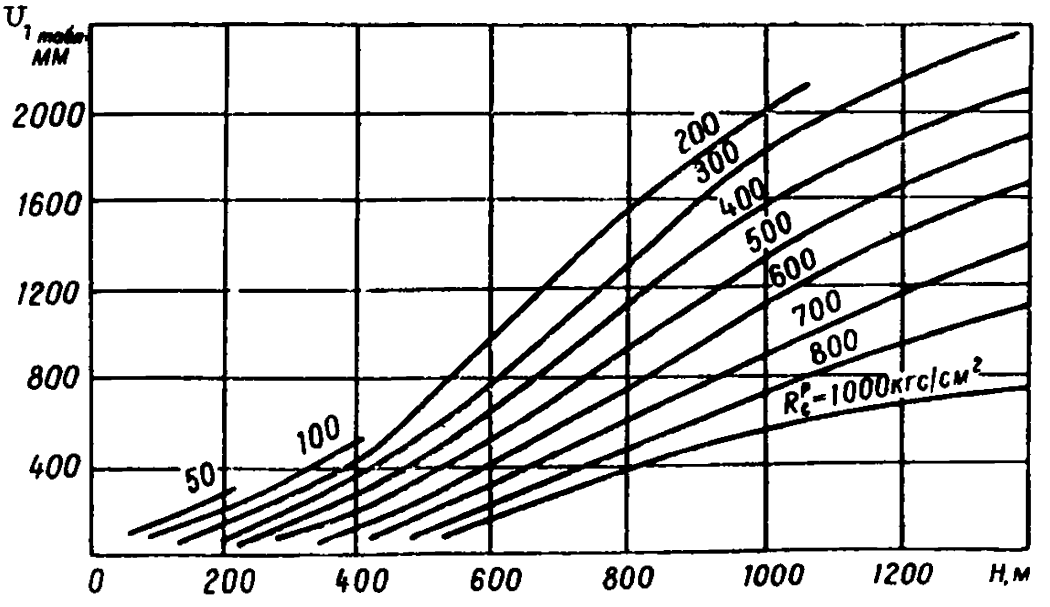


Рис. 20. Смещения пород в откаточных штреках, охраняемых искусственными ограждениями

увеличенным в 1,3 раза; $k_{h_н}$ — принимается по табл. 19. U_2 — смещения пород (мм) под влиянием очистных работ в лаве нижнего этажа при использовании выработок в качестве вентиляционных, определяемые по формуле:

$$U_2 = U_{2_{ТАБЛ}} k_{h_п}, \qquad (38)$$

Таблица 19

Расстояние от выработки до пласта, м	10	20	30	40	50	60
$k_{h_н}$	0,9	0,65	0,4	0,2	0,15	0,1

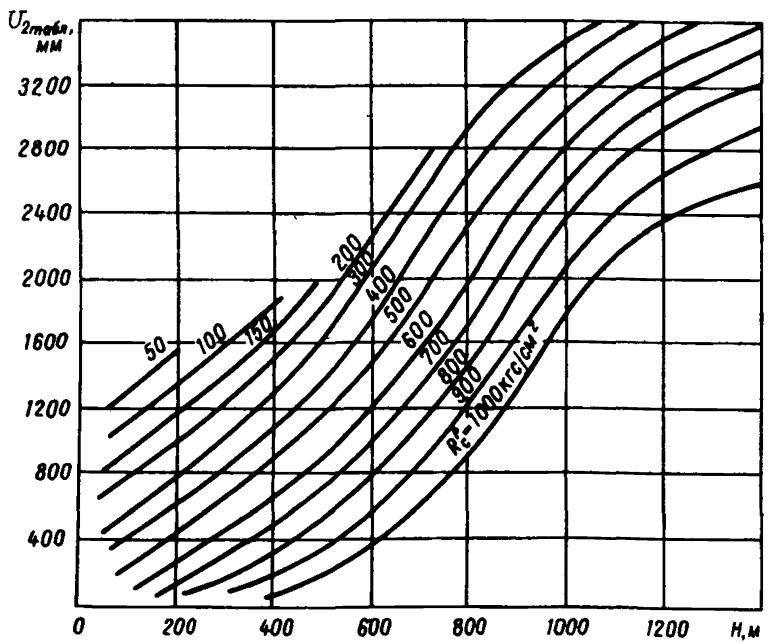


Рис. 21. Смещения пород в вентиляционных выработках

Таблица 20

Расстояние от выработки до пласта, м	10	20	30	40	50	60
$k_{h_п}$	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4

$U_{2\,табл}$ — для крутых пластов следует определять по графику рис. 21, а для крутонаклонных пластов — по данным рис. 21, увеличенным в 1,3 раза; $k_{h_п}$ принимается по табл. 20.

Выбор типа и параметров крепи

5.17. Незамкнутые арочные податливые крепи следует применять при величинах смещения пород почвы (пучения):

200 мм для выработки с рельсовым транспортом;

500 мм для выработки с конвейерным транспортом.

При превышении указанных величин безремонтное поддержание выработок должно обеспечиваться путем рационального их расположения и способами охраны, а также применением замкнутых конструкций крепи.

5.18. Выбор типа и параметров крепи следует производить из условий:

$U_{кр} + \Delta U_п \leq \Delta$ — для незамкнутых крепей при пологом и наклонном залегании пород;

$U_{общ} \leq \Delta$ — для замкнутых крепей при пологом и наклонном залегании и для всех типов крепи при крутонаклонном и крутом залегании пород, где $\Delta U_п$ — смещения пород почвы, учитываемые при выборе незамкнутых крепей (мм), определяемые по табл. 21; Δ — предельная конструктивная податливость крепи (мм).

Таблица 21

Смещение пород почвы, мм . . .	До 100	101–200	201–300	301–400	401–500
$\Delta U_п$	20	50	80	120	150

5.19. В соответствии с условиями п. 5.18 и согласно действующим Типовым проектам необходимо принимать следующие арочные крепи:

Расчетные смещения пород, мм	Крепи	Длина ножки, мм
До 300	Трехзвенные	–
300–500	Пятизвенные	600
500–700	Пятизвенные	800
700–1000	Пятизвенные	1000

5.20. Допускается применять крепи, указанные в п. 5.19, при расчетных смещениях пород, превышающих предельную податливость крепи до 30%, принимая при этом плотность установки рам крепи, увеличенной в 1,5 раза по сравнению с предусмотренной в Типовых проектах, либо устанавливая дополнительно штанговую крепь в соответствии с действующими Типовыми проектами.

6. ВЫЕМОЧНЫЕ ПЛАСТОВЫЕ ВЫРАБОТКИ

Основные положения

6.1. При проектировании выемочных пластовых выработок следует исходить из обеспечения их безремонтного поддержания в течение всего срока службы за счет выбора рациональных способов их охраны, типов и параметров крепи.

6.2. Основным принципом разработки угольных пластов в пределах выемочных полей в соответствии с Прогрессивными технологическими схемами должна быть выемка угля без оставления целиков при следующих способах охраны выемочных пластовых выработок:

1) с поддержанием выработки в массиве впереди очистного забоя (с погашением за лавой);

2) с поддержанием позади забоя лавы для повторного использования с помощью искусственных ограждений (рис. 22);

3) проведение выработки вприсечку к выработанному пространству (рис. 23);

4) проведение выработки позади забоя лавы с поддержанием в выработанном пространстве (рис. 24).

Наиболее целесообразным следует считать второй способ охраны выемочных пластовых выработок.

6.3. Охрана выемочных пластовых выработок целиками угля допускается, как исключение, преимущественно при отработке одиночных непожароопасных пластов, не подверженных динамическим явлениям.

6.4. Выбор способа охраны, типа и параметров крепи выемочных выработок производится в такой последовательности:

— оцениваются горно-геологические условия разработки, на их основе определяется возможность применения способа охраны с повторным использованием выработок на границе с выработанным пространством с помощью искусственных ограждений и выбираются возможные варианты этого способа охраны;

— для каждого варианта поддержания выработок с помощью искусственных ограждений определяются расчетные нагрузки и смещения пород, параметры искусственных ограждений, тип и параметры крепи. Окончательный выбор варианта производится на основе технико-экономического анализа.

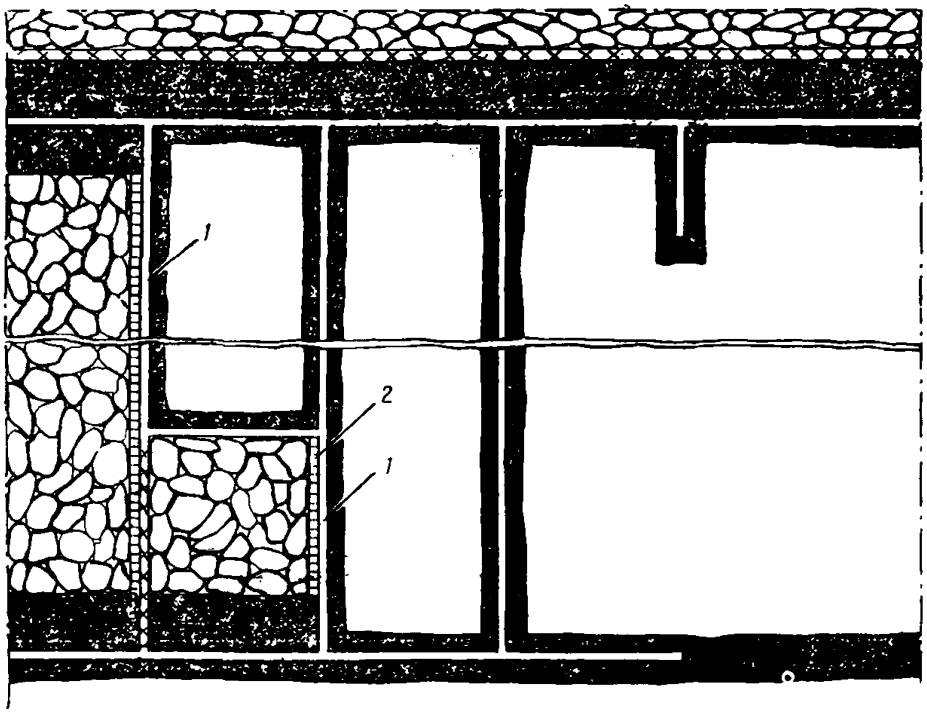


Рис. 22. Схема отработки выемочного участка длинными столбами по восстанию с повторным использованием выработок:

1 — выработка, используемая повторно; *2* — искусственные ограждения

При невозможности безремонтного поддержания выработок на границе с выработанным пространством с помощью искусственных ограждений или невозможности применения этого способа охраны по условиям эксплуатации производится аналогичная оценка других способов охраны выемочных подготовительных выработок. Окончательный выбор способа охраны следует производить на основе технико-экономического анализа.

Определение исходных геологических данных

6.5. Расчетную прочность пород кровли и почвы следует принимать в соответствии с п. 5.6, а разделение пород почвы на четыре типа по степени пучения — в соответствии с п. 5.7.

6.6. Кровли пластов следует разделять на три типа по обрушаемости: легкообрушающиеся, среднеобрушающиеся, труднообрушающиеся.

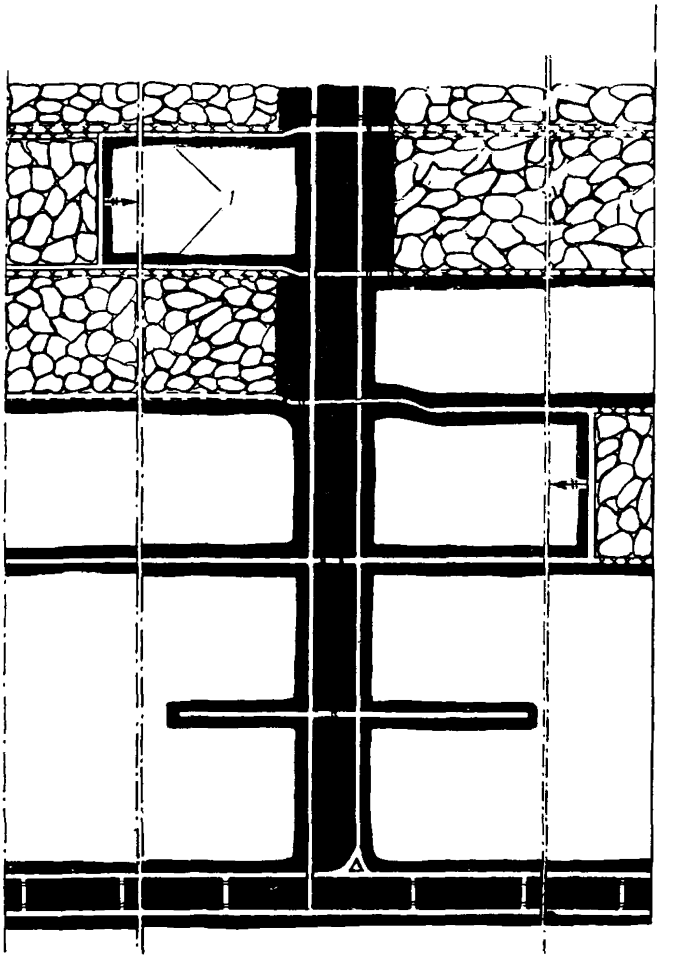


Рис. 23. Схема отработки выемочного участка длинными столбами по простиранию с проведением выработок (*1*) вприсечку к выработанному пространству

К легкообрушающимся относятся кровли, представленные слабыми глинистыми разновидностями и тонкослоистыми аргиллитами и алевролитами с мощностью слоев до 0,5 м и прочностью R_c до 500 кгс/см^2.

К среднеобрушающимся относятся кровли, представленные аргиллитами и алевролитами (R_c до 800 кгс/см^2), а также включающие отдельные слои прочных песчаников и известняков мощностью до 2 м при общей мощности до 5 м.

К труднообрушающимся относятся кровли, представленные прочными песчаниками и известняками (R_c более 800 кгс/см^2) с толщиной отдельных слоев более 2 м, либо с общей мощностью свыше 5 м.

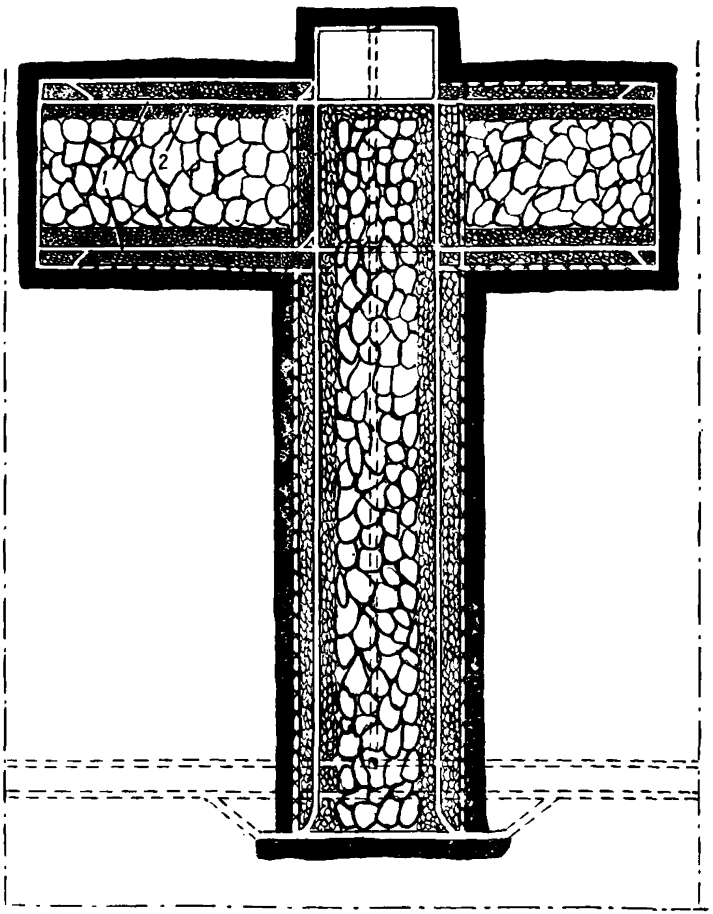


Рис. 24. Схема отработки выемочного участка при сплошной системе разработки с проведением выработок позади забоя лавы:

1 — выработка; *2* — бутовая полоса

При определении типа кровли к учету следует принимать: на тонких пластах толщу пород, равную шестикратной мощности пласта, на пластах средней мощности — равную четырехкратной мощности пласта, на мощных пластах — толщу пород мощностью 20 м.

6.7. Почвы пластов следует разделять на четыре типа в соответствии с п. 5.7 с учетом дополнительных напряжений в зоне опорного давления ($k_д \gamma H/R_c$). $k_д$ принимать равным 2 — при легкообрушающихся, 2,5 — при среднеобрушающихся, 3 — при труднообрушающихся кровлях.

Условия применения бесцеликовых способов охраны выработок

6.8. Способ охраны выработок в массиве впереди очистного забоя с погашением за лавой при столбовых и комбинированных системах разработки применяется при отработке одиночных лав или при работе через столб, когда промежуточные столбы отрабатываются с поддержанием выработок вприсечку к выработанному пространству. Этот способ следует применять преимущественно в условиях:

мощность пласта — любая; угол падения пласта — любой; кровля — любая; почва — непучащая, малопучащая, пучащая.

6.9. Способ охраны выработок, поддерживаемых позади забоя лавы для повторного использования с помощью искусственных ограждений, следует применять преимущественно в условиях:

мощность пласта — до 3,5 м; угол падения пласта — любой при мощности пласта до 1,5 м и до 35° при мощности пласта свыше 1,5 м; кровля — любая; почва — непучащая, малопучащая.

6.10. Способ охраны выработок с проведением их вприсечку к выработанному пространству следует применять преимущественно в условиях:

мощность пласта — любая; угол падения — любой; кровля — любая; почва — пучащая на пластах мощностью до 3,5 м и любая — на пластах мощностью свыше 3,5 м.

6.11. Способ охраны выработок с проведением их позади забоя лавы и поддержанием в выработанном пространстве следует применять при сплошных и комбинированных системах разработки преимущественно в условиях:

мощность пласта — до 1,5 м; угол падения — до 35°; кровля — любая; почва — сильнопучащая.

Определение параметров поддержания выработок на пологих и наклонных пластах

6.12. При охране выработок в массиве впереди очистного забоя с погашением за забоем лавы тип и параметры крепи следует определять на основании положений пп. 5.11 и 5.18, исходя из расчета смещений пород по формулам:

— для схемы рис. 25, *а*

$$U_{общ} = (U_0 + U_1) k_s k_m; \qquad (39)$$

— для схемы рис. 25, *б*

$$U_{общ} = (U_0 + 1{,}3U_1)k_s k_m, \quad (40)$$

где U_0 — смещения пород (мм) вне зоны влияния очистных работ для типовых условий:

— при сроке службы до одного года

$$U_0 = k_{пр}(U_{пр} + v_0 t); \quad (41)$$

— при сроке службы свыше одного года

$$U_0 = k_{пр}(U_{пр} + 12v_0 k_t); \quad (42)$$

$k_{пр}$, k_s, k_m, $U_{пр}$, v_0, k_t — см. п. 5.10; t — срок службы выработки, мес; U_1 — смещения пород в зоне временного опорного давления (мм) для типовых условий, определяемые по графику (рис. 26).

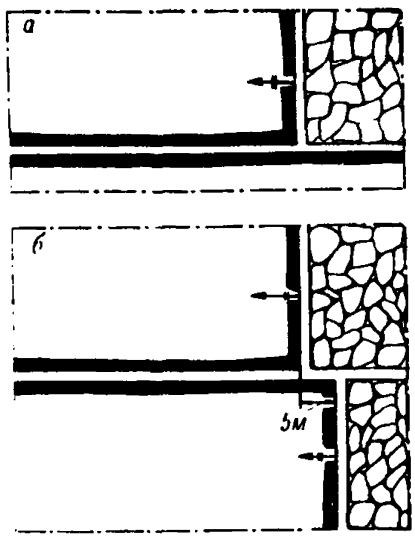


Рис. 25. Схемы охраны выработок, поддерживаемых в зоне опорного давления в массиве угля

6.13. Для выработок, поддерживаемых в массиве и погашаемых за лавой, следует применять крепи арочной, прямоугольной, трапециевидной или другой формы, исходя из расчетных смещений пород. Тип и параметры арочной крепи следует принимать в соответствии с п. 5.19.

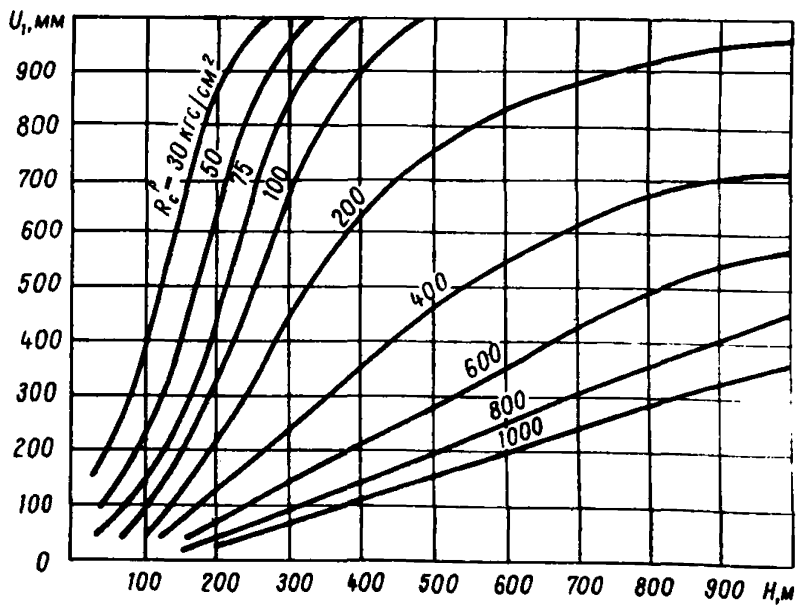


Рис. 26. Смещения пород в зоне временного опорного давления в выемочных штреках

Выбор крепи трапециевидной, прямоугольной или другой формы следует производить в соответствии с их конструктивной податливостью, при этом плотность установки рам принимать такой же, как и арочной крепи. Несущую способность верхняка и податливых стоек крепи трапециевидной, прямоугольной или другой формы следует выбирать из расчета нагрузо : на верхняк не менее 5 тс/м^2.

6.14. В случае, если расчетные смещения превышают конструктивную податливость выбранной крепи, на расстоянии не менее 15 м впереди забоя лавы необходимо устанавливать специальную крепь усиления из металлических стоек (трения или гидравлических). Крепь усиления должна выбираться из расчета нагрузок не менее 10 тс на 1 м^2 выработки. При прочности пород почвы менее 200 кгс/см^2 крепь усиления следует устанавливать на лежаны.

При применении крепи усиления с несущей способностью 10 тс/м^2 расчетные смещения следует уменьшать на 20%, а при 20 тс/м^2 — на 30%.

В случае, если смещения пород, рассчитанные с учетом установки крепи усиления, превышают конструктивную податливость выбранной крепи, следует принимать крепь с большей податливостью.

6.15. При способе охраны выработок, поддерживаемых позади забоя лавы для повторного использования, различные виды искусственных ограждений следует применять преимущественно в условиях (табл. 22).

Таблица 22

Вид искусственных ограждений	Мощность пласта, м	Кровля	Прочность непосредственной кровли и непосредственной почвы, кгс/см^2
Органная крепь (деревянная или металлическая)	До 2,5	Легко- и среднеобрушающаяся	$\geqslant 100$
Тумбы из железобетонных блоков с деревянными прокладками	До 1,5*	То же	$\geqslant 300$
Костры из шпального бруса	До 2,5	—«—	< 200
Литые полосы из быстротвердеющих материалов	До 2,5	Средне- и труднообрушающаяся	$\geqslant 300$

* Угол падения пласта до 18°.

6.16. В горно-геологических условиях поддержания выработок, не рассмотренных в п. 6.15, следует применять комбинированные искусственные ограждения, а также дополнительные мероприятия по поддержанию выработок. Например: 1) при мощности пласта более 2,5 м — органную (кустовую) крепь в сочетании с бутокострами и дополнительным усилением крепи выработки; 2) при труднообрушающейся кровле — дополнительное усиление искусственных ограждений и крепи выработки в сочетании с ослаблением кровли (торпедирование, гидроотработка и др.); 3) при неустойчивой непосредственной кровле — органную крепь в сочетании с кострами и дополнительным упрочнением пород кровли (анкерование и др.).

6.17. При мощности пласта до 1,3 м и труднообрушающейся кровле, а также при слабой непосредственной почве допускается применение в качестве искусственных ограждений бутовых полос в сочетании с кострами.

6.18. Расчет необходимого числа стоек органной крепи на 1 м протяженности выработки следует производить по формуле:

$$П = \frac{1{,}5p}{p_{орг}}, \qquad (43)$$

где p — расчетная нагрузка на органную крепь (тс/м), принимаемая по табл. 23; $p_{орг}$ — несущая способность одной стойки

Таблица 23

Мощность разрабатываемого пласта, м	Расчетная нагрузка p (тс/м) при кровлях	
	легкообрушающихся	среднеобрушающихся
До 1	90	140
1–2	120	180
>2	150	220

органной крепи (тс), принимаемая для металлических податливых тумб и стоек в соответствии с их паспортом, а для деревянных стоек диаметром 20 см при длине до 1 м — 30 тс, 1—2 м — 25 тс, более 2 м — 20 тс.

Для обеспечения податливости деревянной органной крепи при мощности пласта свыше 1 м стойки следует устанавливать под брус толщиной 15 см, а при мощности пласта свыше 2 м — также на лежан толщиной 15 см.

6.19. Расчет необходимого числа железобетонных тумб с деревянными прокладками на 1 м протяженности выработки следует производить по формуле:

$$П = \frac{1{,}5p}{p_{б} F}, \qquad (44)$$

где ρ — расчетная нагрузка (тс/м) на железобетонные тумбы, принимаемая по табл. 24; $R_б$ — нормативная прочность материала тумбы, тс/м^2; F — площадь тумбы, м^2.

Таблица 24

Мощность разрабатываемого пласта, м	Расчетная нагрузка на железобетонные тумбы р (тс/м) при кровлях	
	легкообрушающихся	среднеобрушающихся
До 1	400	700
1–1,5	700	1000

Суммарная толщина деревянных прокладок в железобетонных тумбах должна приниматься равной 15% от мощности пласта.

6.20. Костры из шпального бруса следует устанавливать при мощности пласта до 1 м в один ряд, а при мощности пласта свыше 1 м — в два ряда.

6.21. Ширину литых полос из быстротвердеющих материалов следует определять по формуле:

$$b = 1{,}5\rho / R_м, \qquad (45)$$

где ρ — расчетная нагрузка (тс/м) на литые полосы, принимаемая по табл. 25; $R_м$ — нормативная прочность быстротвердеющих материалов (тс/м^2) через сутки после возведения.

Таблица 25

Мощность разрабатываемого пласта, м	Расчетная нагрузка на литые полосы р (тс/м) при кровлях	
	среднеобрушающихся	труднообрушающихся
До 1	1000	1500
1–2	1200	1700
>2	1400	2000

6.22. Ширину бутовых полос следует принимать не менее восьмикратной мощности пласта. Плотность бутовых полос должна обеспечивать их усадку не свыше 30% от мощности пласта.

6.23. При заданных параметрах искусственных ограждений в соответствии с пп. 6.18—6.22 тип и параметры крепи в выработках, поддерживаемых за забоем лавы для повторного использования, следует определять на основании положений п. 5.18, исходя из расчета смещений пород по формулам:

$$U_{кр} = k_s k_m k_к (U_0 + U_1) + k_п m; \qquad (46)$$

$$U_п = k_s\, k_m[(1-k_к)(U_0+U_1)+(U_1^{ост}+U_2)]-k_п\, m, \qquad (47)$$

где $U_{кр}$, $U_п$, $k_к$ — см. п. 5.11; U_0 вычисляется по формулам (41) или (42); U_1 определяется по графику (см. рис. 26); $k_п$ — коэффициент, учитывающий влияние податливости искусственных ограждений на опускание кровли, принимаемый: для органной крепи равным 0,3; для железобетонных тумб — 0,2; для литых полос из быстротвердеющих материалов — 0,15; для костров из шпального бруса и бутовых полос — 0,4; $U_1^{ост}$ — общие смещения пород в зоне влияния остаточного опорного давления позади первой лавы (мм) при времени поддержания этого участка выработки:

— t_1 менее одного года

$$U_1^{ост} = (U_{1\,табл}^{ост} + v_1^{ост}\, t_1)\, k_{кр}\, k_m\, k_s\ ; \qquad (48)$$

— t_1 более одного года

$$U_1^{ост} = (U_{1\,табл}^{ост} + 12 v_1^{ост}\, k_t)\, k_{кр}\, k_m\, k_s\ , \qquad (49)$$

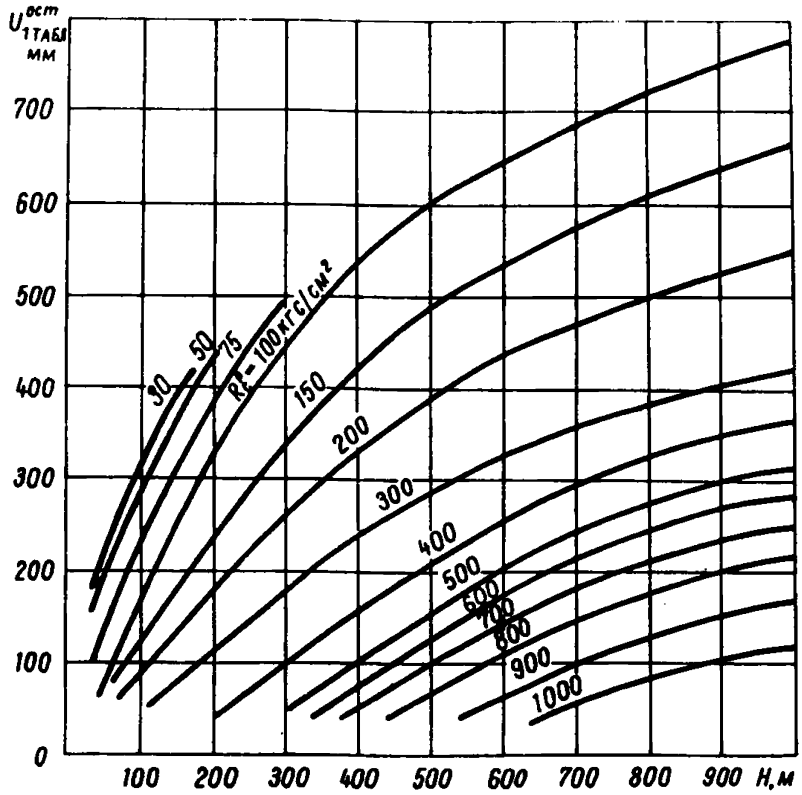


Рис. 27. Смещения пород в зоне остаточного опорного давления при охране выработок органной крепью, железобетонными тумбами и литыми полосами из быстротвердеющих материалов

где $U_{1\,\text{табл}}^{\text{ост}}$ — смещения пород в выработке, находящейся в типовых условиях (рис. 27 и 28); $v_1^{\text{ост}}$ — средняя скорость смещения пород в зоне остаточного опорного давления в течение первого года, мм/мес (рис. 29); U_2 — смещения пород в зоне влияния временного опорного давления, мм

$$U_2 = 1{,}4U_1\,, \tag{50}$$

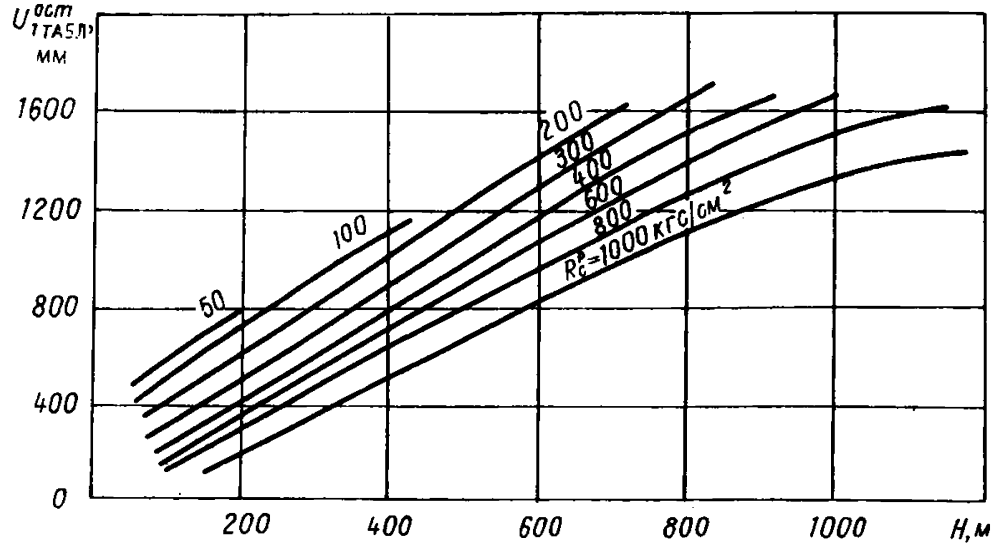


Рис. 28. Смещения пород в зоне остаточного опорного давления при охране выработок бутовыми полосами и кострами

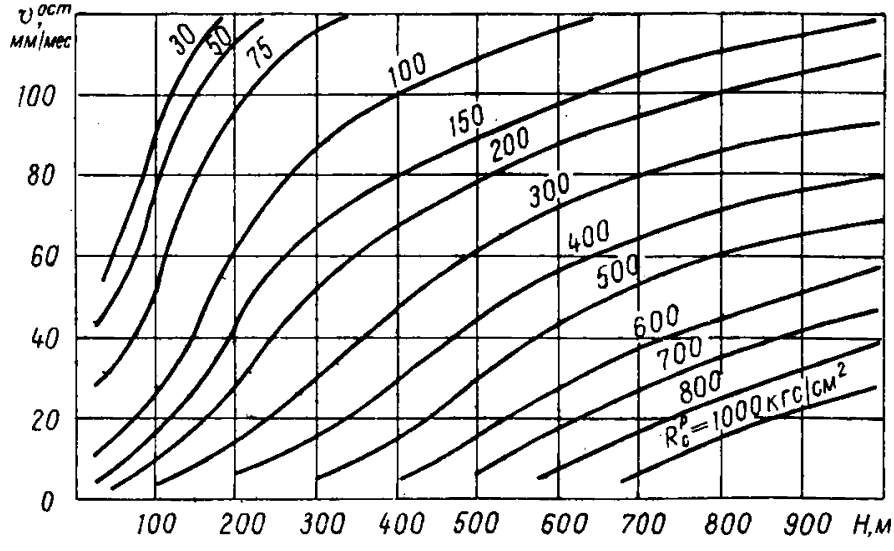


Рис. 29. Скорость смещения в зоне влияния остаточного опорного давления в выработках, охраняемых искусственными ограждениями

$k_{кр}$ — коэффициент, учитывающий влияние типа кровли по обрушаемости на величину смещений пород, определяемый по табл. 26; k_t, k_m и k_s — см. п. 5.10.

Таблица 26

Тип кровли	Легкообрушающаяся	Среднеобрушающаяся	Труднообрушающаяся
$k_{кр}$	0,8	1,0	1,2

6.24. Выбор типа и параметров основной и усиливающей крепей для выработок, поддерживаемых позади забоя лавы с помощью искусственных ограждений, следует производить в соответствии с положениями пп. 6.13 и 6.14. При этом усиливающую крепь следует применять на расстояниях от забоев первой и второй лав, определяемых по табл. 27.

Таблица 27

Место установки крепи усиления в выработке	Расстояние от очистного забоя (м) при кровлях		
	легкообрушающихся	среднеобрушающихся	труднообрушающихся
Впереди забоя первой лавы . .	15	20	30
Позади забоя первой лавы . .	40	60	80
Впереди забоя второй лавы . .	20	30	50

6.25. При способе охраны выработок с проведением их вприсечку к выработанному пространству допускаются три основные схемы (рис. 30):

— присечка с частичным сохранением старой выработки (*А*);

— полная присечка (*Б*);

— присечка с оставлением между выработкой и обрушенными породами полосы угля шириной до 1m (*В*). Схему *В* следует применять только на непожароопасных пластах. Параметры этого способа охраны следует принимать согласно табл. 28.

Таблица 28

Показатели пласта	Параметры способа охраны при кровлях		
	легкообрушающихся	среднеобрушающихся	труднообрушающихся
Допускаемые схемы проведения выработок вприсечку (рис. 30)	А, Б, В	Б, В	В
Требуемое отставание забоя проводимой выработки от движущегося забоя лавы l_1, м . . .	$\geqslant 60$	$\geqslant 80$	$\geqslant 120$
Необходимый разрыв во времени между отработкой лавы и проведением выработки, мес . .	2	4	6

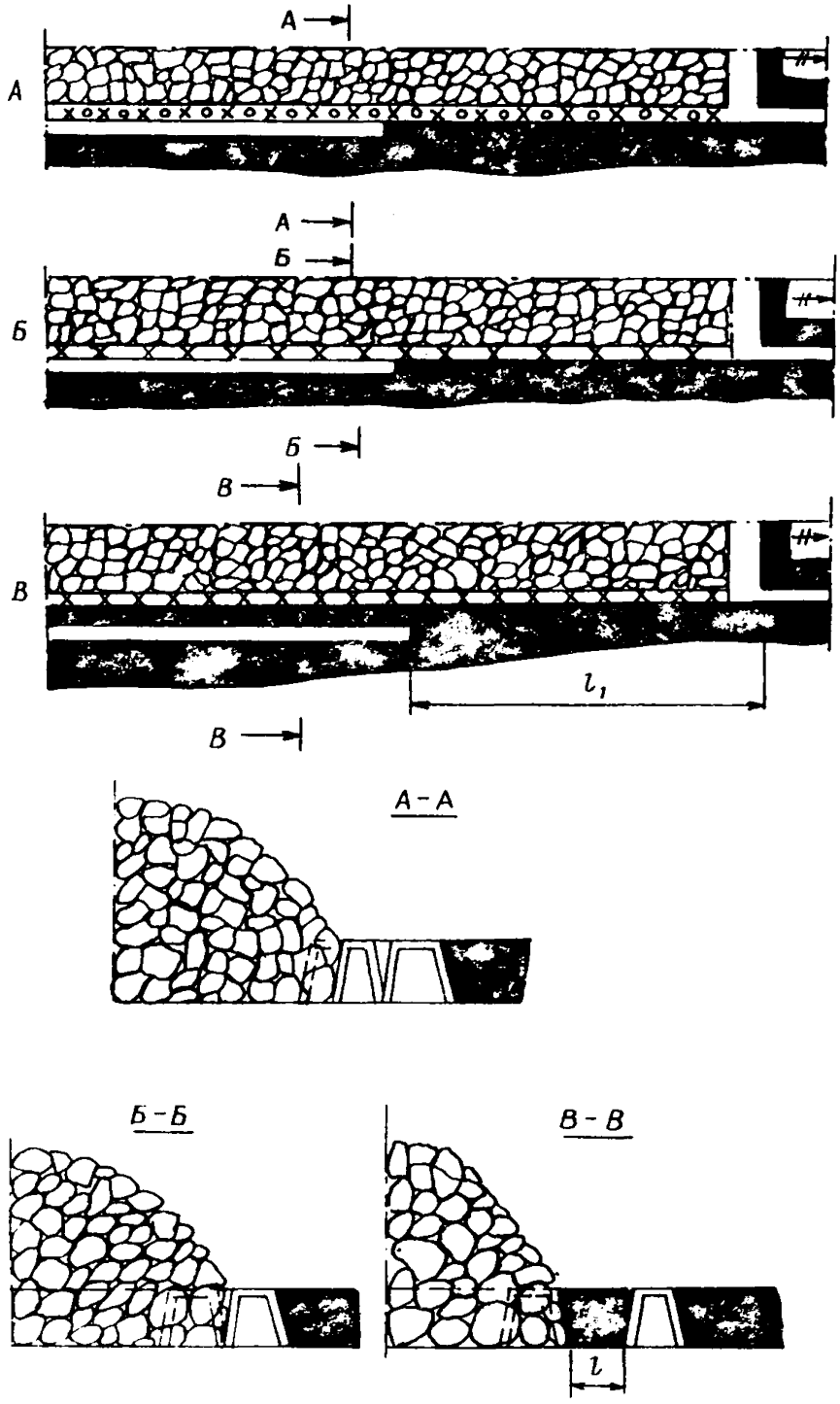


Рис. 30. Схемы расположения выработок, проводимых вприсечку к выработанному пространству

6.26. При принятых схемах проведения выработок вприсечку к выработанному пространству в соответствии с п. 6.24 тип и параметры крепи следует определять на основании положений пп. 5.11 и 5.18, исходя из расчета смещений пород при времени поддержания выработки до влияния лавы менее одного года по формуле:

$$U_{общ} = (U'_{пр} + v'_0 t + U_1) k_{кр} k_m k_s \ ; \qquad (51)$$

а при $t > 1$ года — по формуле:

$$U_{общ} = (U'_{пр} + 12 v'_0 k_t + U_1) k_{кр} k_m k_s \ , \qquad (52)$$

где $U'_{пр}$ — смещения пород при проведении выработки вприсечку к выработанному пространству в типовых условиях (рис. 31);

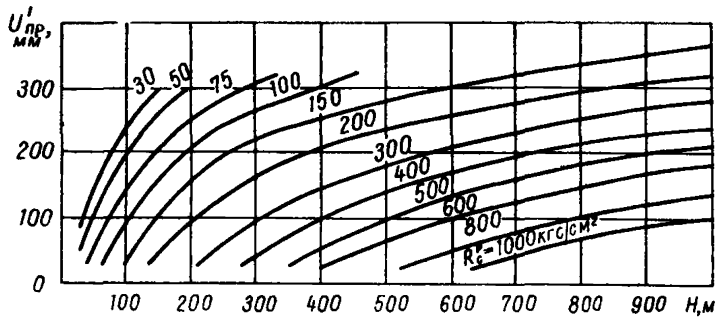


Рис. 31. Смещения пород вне зоны влияния очистных работ в выработках, проведенных вприсечку к выработанному пространству

v'_0 — средняя скорость смещения пород в течение первого года, мм/мес (рис. 32); U_1 — смещения пород в выработке в зоне влияния временного опорного давления, мм (рис. 33).

Выбор типа и параметров основной и усиливающей крепи для выработок, проводимых вприсечку к выработанному пространству, следует производить в соответствии с положениями пп. 6.13 и 6.14. При этом крепь усиления следует устанавливать впереди забоя лавы при легкообрушающейся кровле на расстоянии в 20 м, при среднеобрушающейся кровле — 30 м, при трудно-обрушающейся кровле — 50 м.

6.27. При проведении выработок позади забоя лавы в выработанном пространстве их следует охранять двусторонними бутовыми полосами или бутокострами. Выбор ширины бутовых полос следует производить по табл. 29.

6.28. При параметрах проведения выработки позади забоя лавы в выработанном пространстве, принятых в соответствии с п. 6.27,

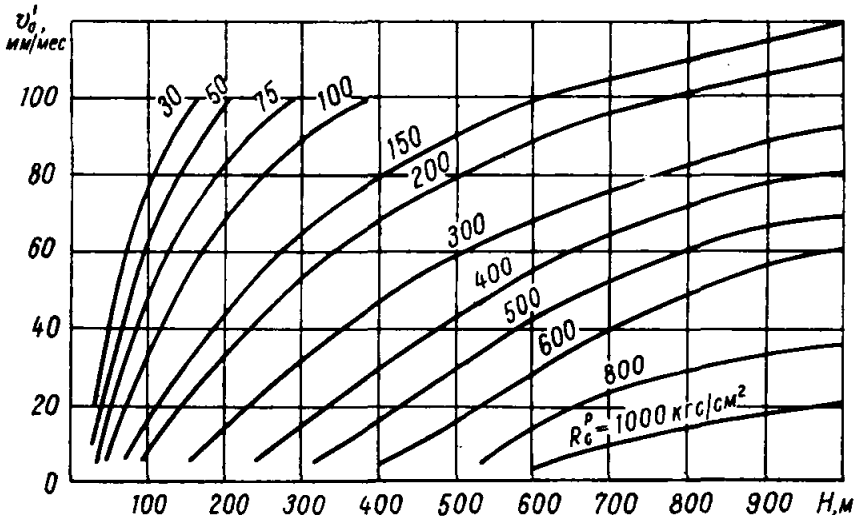


Рис. 32. Скорости смещения пород вне зоны влияния очистных работ в выработке, проведенной вприсечку к выработанному пространству

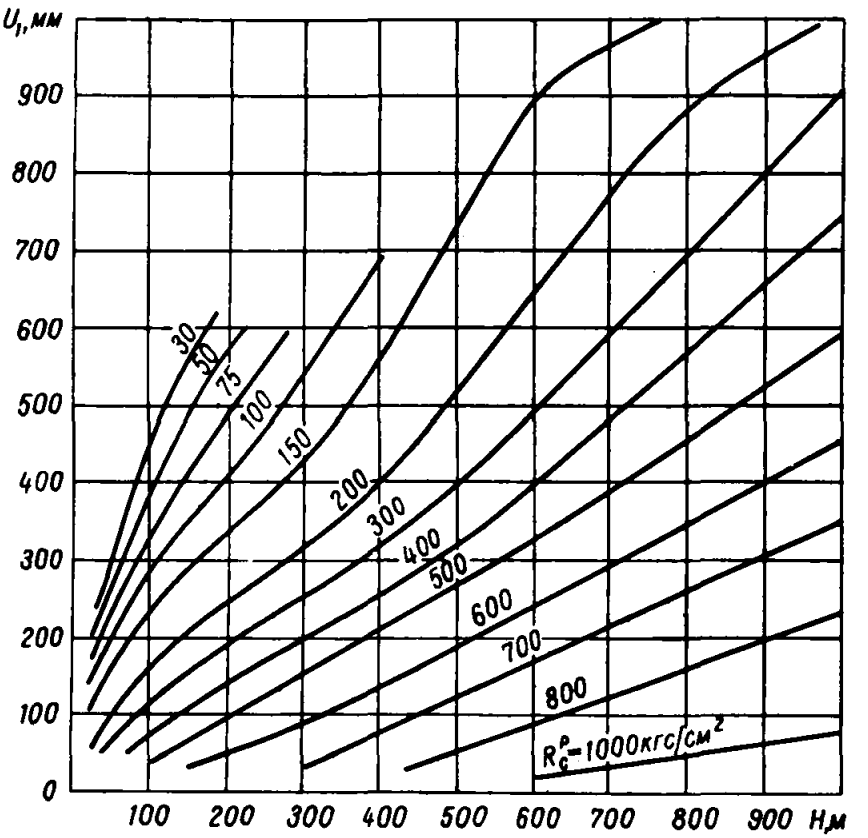


Рис. 33. График для определения значений U_1

Таблица 29

Место расположения бутовой полосы	Ширина бутовых полос при кровлях		
	легкообрушающихся	среднеобрушающихся	труднообрушающихся
Со стороны массива	4 м	5 м	6 м
Со стороны выработанного пространства	6m	7m, но $\geqslant$ 10 м	8m, но $\geqslant$ 10 м

тип и параметры крепи следует определять на основании положений п. 5.18, исходя из расчета смещений пород по формулам:

$$U_{кр} = 0{,}3m; \qquad (53)$$

$$U_{п} = U_{общ} - 0{,}3m, \qquad (54)$$

где $U_{общ}$ — смещения пород (мм), определяемые по графику (рис. 34).

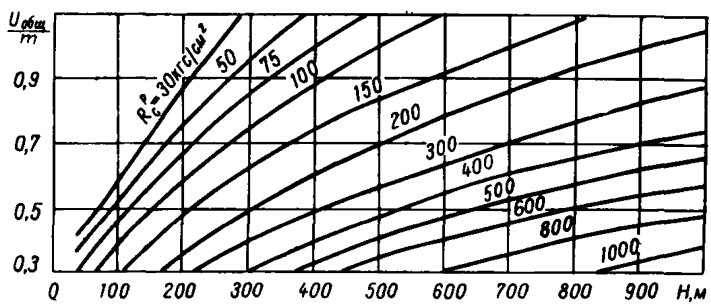


Рис. 34. Смещения пород в выработках, проводимых позади забоя лавы и охраняемых бутовыми полосами

6.29. Для выработок, проводимых позади забоя лавы в выработанном пространстве, следует применять либо арочные податливые крепи, тип и параметры которых принимать в соответствии с п. 5.19, либо бесстоечные крепи с арочными или плоскими верхняками, устанавливаемыми на бутокострах.

6.30. Способ охраны выработок целиками угля допускается применять в условиях, определяемых п. 6.3. Тип и параметры крепи в этих выработках следует определять в соответствии с положениями пп. 5.11 и 5.18, исходя из расчета смещений пород по формуле:

$$U_{общ} = [U_0 + (U_1^{ц} + \Delta U_1^{ц} + 12v_1^{ц}k_t + U_2^{ц})k_{кр}]k_s\ k_m, \qquad (55)$$

где U_0 — см. п. 6.12; $U_1^{ц}$ — смещения пород в зоне влияния временного опорного давления в типовых условиях (мм) определяются в зависимости от ширины целика l по рис. 35; $\Delta U_1^{ц}$ — смещения пород в течение 2 мес после прохода очистного забоя, мм (рис. 36); $v_1^{ц}$ — средняя скорость смещений пород

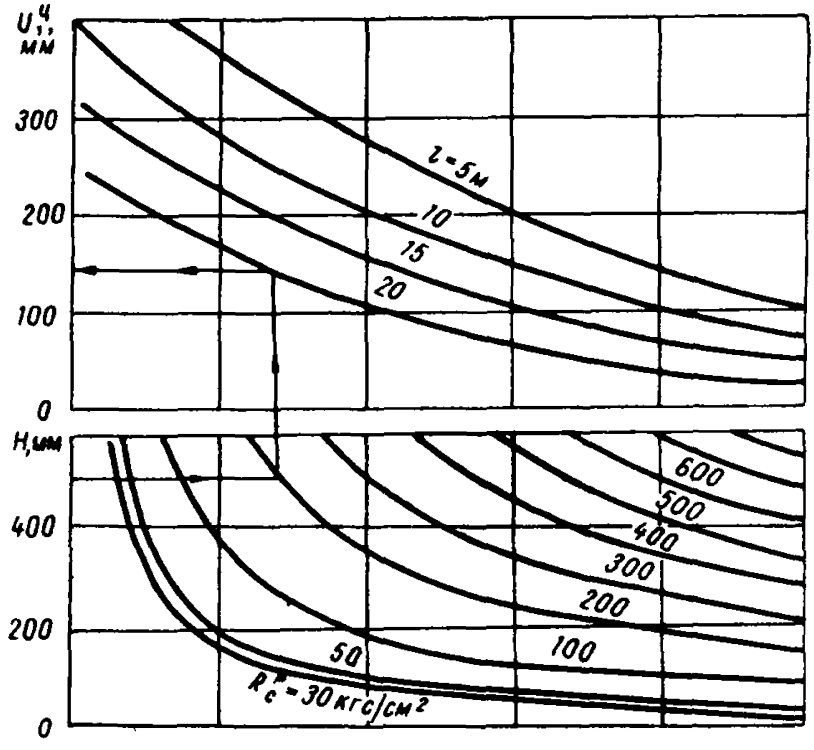


Рис. 35. Номограмма для определения значений $U_1^ч$

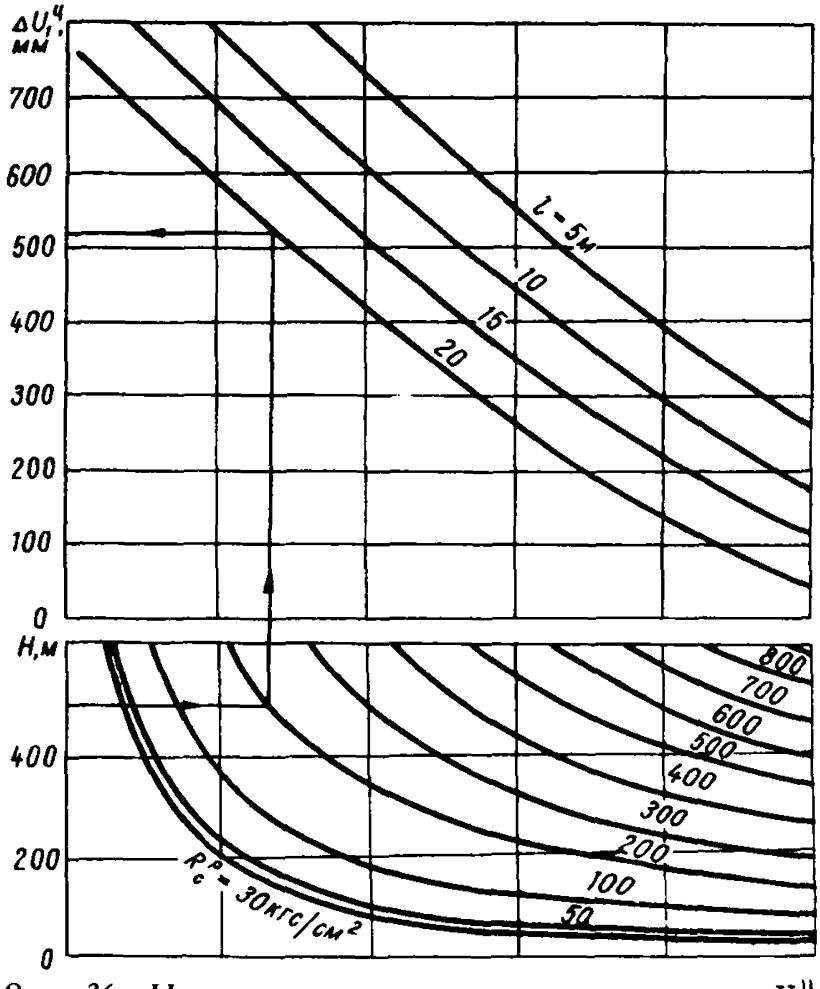


Рис. 36. Номограмма для определения значений $\Delta U_1^ч$

в зоне остаточного опорного давления первой лавы, мм/мес (рис. 37); $U_2^ц$ — смещения пород в зоне временного опорного давления второй лавы, мм

$$U_2^ц = k_ц U_1^ц, \qquad (56)$$

$k_ц$ — коэффициент, характеризующий увеличение смещений пород в зоне вторичного влияния очистных работ (табл. 30); k_t, k_S, k_m — коэффициенты (см. п. 5.10); $k_{кр}$ — см. п. 6.23.

Таблица 30

Ширина надштрекового целика, м	5	10	20
$k_ц$	1,5	1,4	1,3

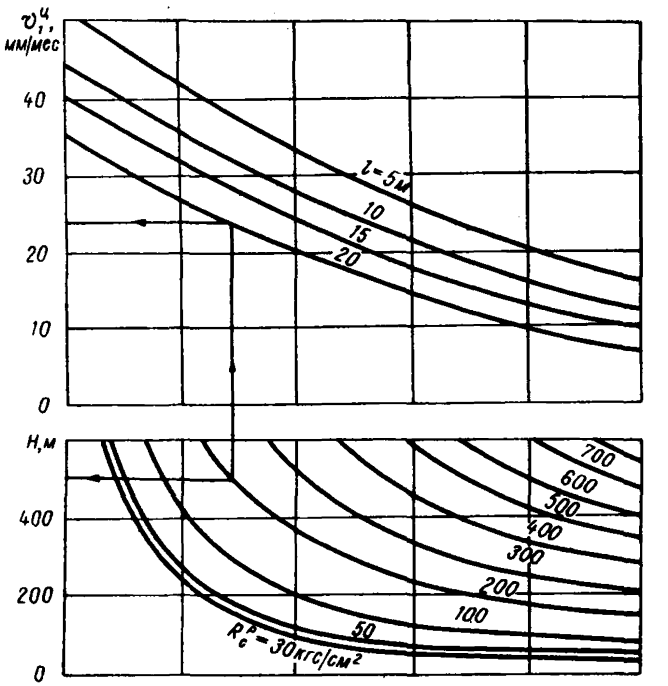


Рис. 37. Номограмма для определения скорости $v_1^ц$

6.31. Выбор типа и параметров основной и усиливающей крепи для выработок, охраняемых целиками угля, следует производить в соответствии с пп. 6.13 и 6.14. При этом крепь усиления следует устанавливать на расстояниях от очистного забоя, определяемых по табл. 27.

Определение параметров поддержания выработок на крутонаклонных и крутых пластах

6.32. Выемочные выработки на крутонаклонных и крутых пластах следует проводить преимущественно по пластам угля. При этом вентиляционные выработки должны проводиться вприсечку к выработанному пространству вышележащего этажа с оставлением полосы угля над выработкой шириной, равной 1m.

6.33. При отработке выемочных участков следует применять столбовую систему разработки с откаткой на передний квершлаг и погашением выемочных выработок позади забоя лавы.

Тип и параметры крепи в этих выработках следует определять в соответствии с положениями п. 5.18 на основании расчета смещений пород по формуле:

$$U_{общ} = (U_0 + U_{табл})k_m k_s, \qquad (57)$$

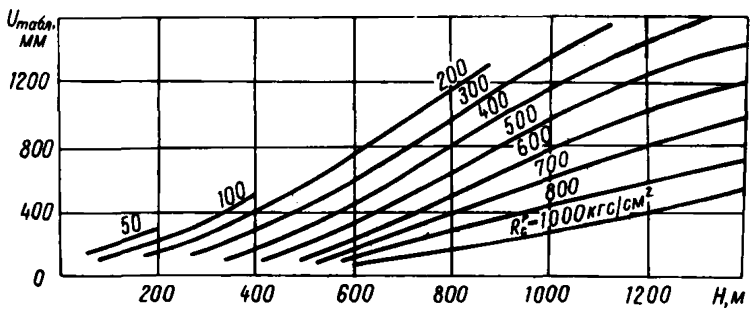


Рис. 38. Смещения пород в пластовых откаточных выработках

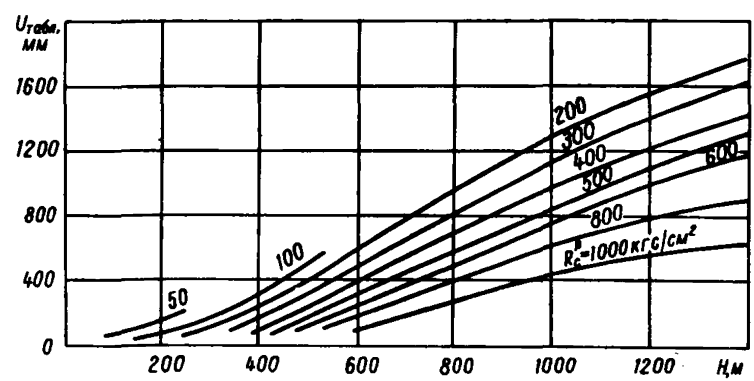


Рис. 39. Смещения пород в пластовых вентиляционных выработках

где U_0 — смещение пород вне влияния очистных работ (мм), определяемое в соответствии с положениями п. 5.16; $U_{табл}$ — смещения пород в пластовых выемочных выработках в зоне влияния очистных работ вплоть до погашения (мм), определяемые для откаточных штреков по графику (рис. 38), для вентиляционных штреков — по графику (рис. 39). В случае управления кровлей в выработанном пространстве полной закладкой смещение $U_{табл}$ следует уменьшать в 1,5 раза. k_m, k_s — коэффициенты (см. п. 5.10).

6.34. Для крепления выемочных выработок на крутонаклонных и крутых пластах следует применять специальные крепи, конструкция которых приспособлена к асимметричным нагрузкам:

Расчетные смещения пород, мм	Арочная крепь
До 300	Четырехзвенная с дополнительным узлом податливости в замке свода
300–500 (с подрывкой пород кровли)	Асимметричная типа ПАК
300–600 (без подрывки пород кровли)	Асимметричная типа КПК
600–1000	Направленной податливости типа КАНП

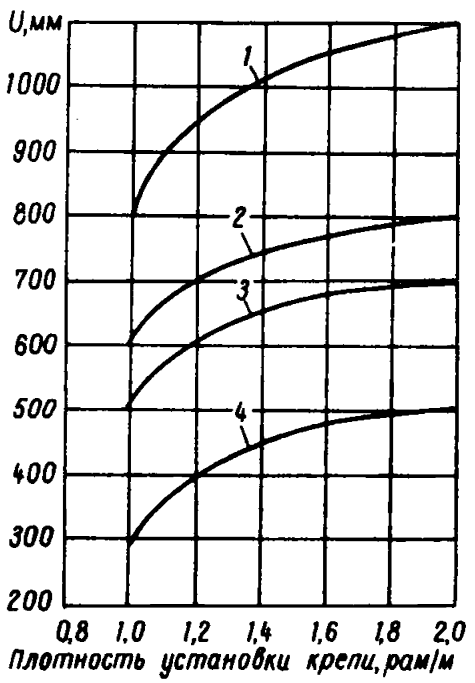


Рис. 40. График для определения плотности установки различных типов крепи:

1 — КАНП; *2* — КПК; *3* — ПАК; *4* — четырехзвенная

6.35. Допускается применять эти крепи при величинах смещений пород, превышающих значения, указанные в п. 6.34. В этом случае следует увеличить плотность установки крепи в соответствии с графиком (рис. 40), либо производить упрочнение пород анкерованием.

6.36. Если расчетные смещения пород превышают конструктивную податливость выбранной крепи, то в выработке впереди забоя лавы на расстоянии не менее 15 м следует устанавливать крепь усиления. Параметры крепи усиления принимать в соответствии с положениями п. 6.14.

6.37. В исключительных случаях на тонких пластах допускается сплошная система разработки с откаткой на задний квершлаг и сохранением выемочных выработок позади забоя лавы. Охрану этих выработок следует осуществлять искусственными ограждениями:

для откаточных выработок — кустами стоек, кострами; для вентиляционных — бутовыми полосами.

Кусты стоек или костры следует устанавливать при мощности пласта до 0,7 м в один ряд, а при мощности пласта 0,7—1.2 м — в два ряда.

Размер бутовых полос следует определять из табл. 31.

Таблица 31

Параметры	Значения параметров при кровлях		
	легкообрушающихся	среднеобрушающихся	труднообрушающихся
Минимальная ширина бутовой полосы, м	8m	10m	12m
Допустимое отставание от забоя лавы, м	4,5	5,5	7,0

6.38. Тип и параметры основной и усиливающей крепи для выработок, поддерживаемых позади забоя лавы и охраняемых искусственными ограждениями, следует определять в соответствии с положениями пп. 6.34—6.36 на основании расчета смещений пород по формуле (57), где $U_{табл}$ для откаточных выработок следует принимать по графику (см. рис. 20), а для вентиляционных выработок — по графику (см. рис. 21).

6.39. Для предотвращения сползания пород при проведении выработок необходимо осуществлять подрывку слоев пород, склонных к сползанию, на величину не более 25% их мощности.

6.40. На пластах тонких и средней мощности при наличии в кровле и почве пород, склонных к интенсивному сползанию, в условиях, определяемых положениями п. 6.3, допускается охранять выемочные выработки, поддерживаемые позади забоя лавы, с помощью целиков угля.

Размеры целиков по восстанию следует принимать по табл. 32.

Таблица 32

Мощность пласта, м	Размер целика по восстанию (м) при углях	
	слабых (R_c<50 кгс/см^2)	крепких (R_c>50 кгс/см^2)
До 0,8	8	6
0,8–1,2	10	7
>1,2	12	8

Размер целиков по простиранию должен быть не менее 5 м.

6.41. Тип и параметры основной и усиливающей крепи для откаточных выработок, поддерживаемых позади забоя лавы и охраняемых целиками угля, следует определять в соответствии с положениями п. 6.34—6.36 на основании расчета смещений пород

по формуле (57), где $U_{табл}$ следует принимать по графику (рис. 41).

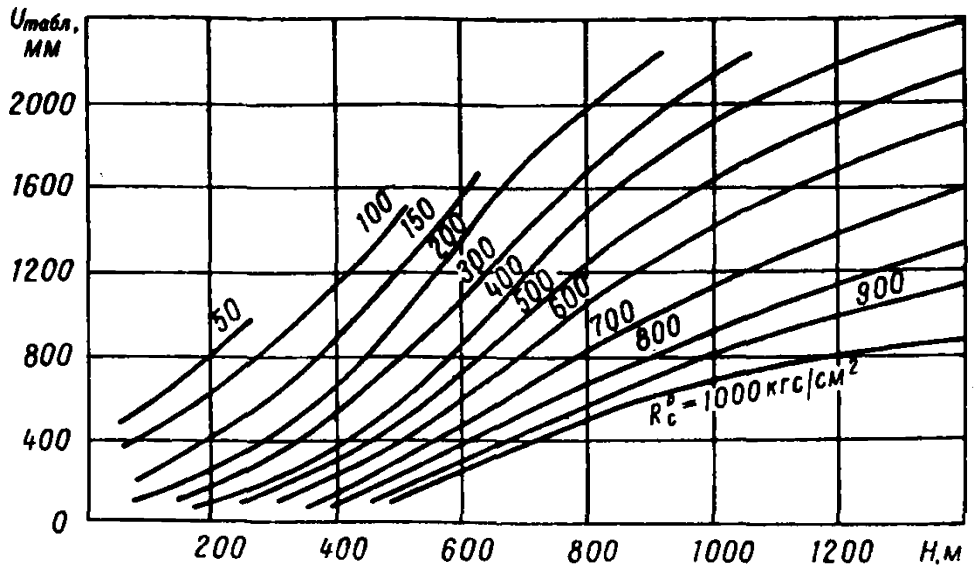


Рис. 41. Смещения пород в выемочных штреках, охраняемых целиками угля

6.42. Тип и параметры крепи в пластовых горизонтальных выработках при разработке мощных крутонаклонных и крутых пластов следует определять в соответствии с положениями пп. 5.18, 6.34—6.36 на основании расчета смещений пород по формуле (57), где $U_0 + U_{табл}$ необходимо принимать:

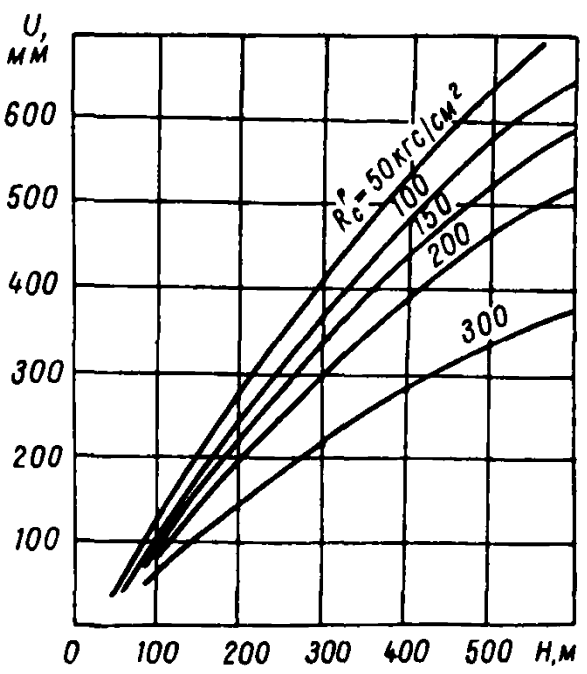


Рис. 42. Смещения пород в пластовых выработках

— для откаточных и промежуточных штреков вне влияния очистных работ по графику (рис. 42), а поддерживаемых в зонах влияния остаточного опорного давления смежных выемочных участков — по данным этого же рисунка, увеличенным в 2 раза;

— для вентиляционных штреков в зоне влияния остаточного опорного давления вышележащего отработанного столба — по данным рис. 42, увеличенным в 1,5 раза, а поддерживаемых в зонах совместного влияния остаточного опорного давления вышележащего отработанного столба и остаточного опорного давления смежного выемочного участка — по данным этого рисунка, увеличенным в 2,5 раза.

6.43. Тип и параметры крепи в пластовых восстающих выработках при разработке мощных крутых пластов системами с закладкой выработанного пространства следует принимать на основании расчетных смещений угля, определяемых:

— при системе разработки наклонными слоями с выемкой узкими полосами в скатах, поддерживаемых только в зоне влияния временного опорного давления, по данным рис. 42, уменьшенным в 1,5 раза;

— в выработках, поддерживаемых в зонах совместного влияния временного и остаточного опорного давления при той же системе разработки, по данным рис. 42.

6.44. Величину податливости венцовой деревянной крепи для восстающих выработок, поддерживаемых в закладочном массиве, следует принимать по табл. 33.

Таблица 33

Система разработки	Усадка закладки по нормали к пласту, %	Сжатие ската по нормали к пласту, мм
Поперечно-наклонные слои	10	200
Наклонные слои с выемкой узкими полосами .	25	400

При креплении восстающих выработок в закладке жесткими замкнутыми крепями их несущая способность должна приниматься не менее 60 тс/м^2.

Приложение 1

ГОРНОГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНЫХ СПОСОБОВ ОХРАНЫ И ПОДДЕРЖАНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

По характеру деформаций и смещений пород и их взаимодействию с крепью принимаемые технические решения по охране и поддержанию выработок должны учитывать следующие периоды их работы:

— проведения выработки на участке вблизи проходческого забоя;

— эксплуатации выработки как одиночной без влияния на нее других выработок и очистных работ;

— эксплуатации выработки в условиях влияния на нее других сопрягающихся или смежных выработок;

— эксплуатации выработки в условиях влияния на нее очистных работ.

Проведение горной выработки приводит к нарушению напряженного состояния в нетронутом горном массиве, в результате чего породы деформируются и смещаются в сторону выработки. В первую очередь, непосредственно у забоя проходимой выработки, происходит упругое восстановление разгруженных пород на контуре выработки. Затем, по мере удаления от проходческого забоя, смещение породного контура возрастает за счет концентрации напряжений в окружающих выработку породах, приводящих к пластическим деформациям и разрушению пород на некоторую глубину от выработки. Скорости смещения пород, вызванные проходкой выработки, с удалением от забоя постепенно уменьшаются до величин, определяемых условиями работы выработки как одиночной.

Исключение деформаций и смещений пород, связанных с проведением выработки, возможно лишь при установке непосредственно у проходческого забоя крепи с отпором, близким по величине напряжениям в нетронутом горном массиве. Выполнение этого условия является практически невозможным и нецелесообразным, поэтому при возведении крепи в непосредственной близости от проходческого забоя смещение пород должно компенсироваться ее конструктивной или технологической податливостью (например, податливостью забутовки).

При необходимости поддержания выработки в период ее эксплуатации жесткими крепями, в случае невозможности применения крепи требуемой несущей способности или компенсации части смещений податливостью забутовки, эти крепи во избежание их разрушения должны устанавливаться на определенных расстояниях от забоя. Здесь для предотвращения обрушения пород в выработку необходимо возведение непосредственно у забоя призабойной крепи.

В период эксплуатации горной выработки как одиночной, без влияния на нее других выработок и очистных работ, условия ее поддержания определяются преимущественно отношением напряжений в породах вблизи контура выработки к прочностным и деформационным свойствам пород. В зависимости от этого отношения по условиям поддержания могут быть выделены следующие принципиально отличные друг от друга категории устойчивости пород в выработках.

— Весьма устойчивое и устойчивое — при напряжениях (с учетом их концентрации), меньших предела длительной прочности пород в массиве на сжатие. В этом случае смещение пород в выработку прекращается в 30—50 м от проходческого забоя, и породы на контуре в течение всего срока службы выработки остаются в устойчивом состоянии. Крепь в таких условиях должна выполнять только функцию ограждения от обрушения пород при взрывных работах или вблизи геологических нарушений, а также предохранения их от выветривания.

— Средней устойчивости — при напряжениях, превышающих предел длительной прочности пород в массиве, но меньших предела длительной прочности пород на сжатие «в куске». В этом случае смещения пород в выработку полностью затухают только через значительный промежуток времени, после реализации пластических деформаций и нарушения сплошности пород, в основном по поверхностям трещиноватости. Однако здесь зона пластических деформаций и разрушения пород небольшая, поэтому для надежного поддержания выработки здесь достаточна податливая крепь небольшой несущей способности.

— Неустойчивое — при напряжениях, превышающих предел длительной прочности пород на сжатие «в куске», но меньших «мгновенного» предела их прочности на сжатие. В этом случае смещение пород в выработку, закрепленную податливой крепью небольшой несущей способности, практически не затухает, так как в породах возникают и развиваются во времени деформации ползучести, которые приводят к их разрушению не только по поверхностям естественной трещиноватости, но и по самой породе. Вокруг выработки вблизи ее контура образуется значительная область существенно нарушенных малосвязных пород. Для надежного поддержания выработки здесь необходима крепь значительной несущей способности, причем в капитальных выработках, к которым предъявляются особые требования к состоянию подошвы (исключение ее пучения), крепь должна быть замкнутой.

Поддержание выработок с небольшим сроком службы может быть обеспечено податливой крепью относительно небольшой несущей способности, но при условии проведения их с большим запасом сечения, определяемым интенсивностью смещений пород.

— Весьма неустойчивое — при напряжениях, превышающих предел «мгновенной» прочности пород на сжатие. В этом случае в породах происходят интенсивные деформации вязкопластического течения, и смещение контура выработки при отсутствии соответствующего отпора крепи не прекращается в течение всего срока службы. При креплении выработки незамкнутой крепью возникает интенсивное пучение пород почвы. Поэтому для сохранения в рабочем состоянии выработок с длительным сроком службы здесь нужна жесткая замкнутая крепь большой несущей способности, обеспечивающая прекращение смещений пород.

Конфигурация и размеры возникающих вокруг выработок зон неупругих деформаций и разрушения пород, а следовательно, распределение смещений пород и нагрузок на крепь в различных ее участках зависят от большого количества факторов. Важнейшими из них являются: технология проведения выработки и возведения крепи; расположение выработки относительно пород с различными механическими и структурными свойствами; тип и конструкция крепи.

Примерно одинаковые смещения пород и нагрузки на крепь создаются лишь при комбайновом способе проведения выработок в однородной толще нетрещиноватых пород с углом падения до 18°. Во всех остальных случаях неоднородность смещений и нагрузок на крепь весьма существенна.

При буровзрывном способе проведения выработок даже в однородных породах с качественной забутовкой закрепного пространства мелкокусковатой породой коэффициент неравномерности достигает 1,5—1,6, а без забутовки и особенно при образовании куполов может превышать 2,5—3.

При пересечении горными выработками разнопрочных пород под углом к напластованию (например, проведение шахтных стволов и квершлагов на наклонном и крутом падении) возникают косонаправленные нагрузки из-за сползания пород по поверхностям напластования со стороны висячего бока пласта, приводящие к боковому перемещению и потере устойчивости рамной крепи.

При проведении на наклонных и крутых пластах выработок по простиранию максимальные смещения и нагрузки на крепь создаются со стороны кровли примерно по нормали к напластованию, что вызывает искривление металлической податливой крепи с симметричной установкой в ней узлов податливости.

На пологих пластах неравномерность смещений пород и нагрузок на крепь преимущественно определяется расположением выработки относительно пород с различными механическими и структурными свойствами. При наличии в кровле выработки неустойчивых и весьма неустойчивых пород, а в боках и почве пород

устойчивых или средней устойчивости максимальные смещения пород и нагрузки на крепь возникают со стороны кровли выработки.

При породах устойчивых или средней устойчивости в кровле и боках выработки и неустойчивых или весьма неустойчивых в почве активное давление на крепь происходит со стороны почвы, а со стороны кровли и боков — пассивный отпор крепи. При наличии неустойчивых пород только в боках выработки значительные смещения пород и активные нагрузки на крепь создаются в горизонтальном направлении.

Проведение рядом с ранее пройденной выработкой других параллельных ей смежных и сопрягающихся выработок вызывает увеличение напряженного состояния пород, а следовательно, рост зон неупругих деформаций и разрушения пород, их смещения в выработку и нагрузок на крепь. Условия поддержания участков выработки, находящихся в зоне влияния других смежных или сопрягающихся выработок, зависят от многих факторов. Основными из них являются: степень устойчивости пород до и после проведения смежной или сопрягающейся выработки; тип и конструкция крепи выработок и сопряжения; порядок и время проведения смежной или сопрягающейся выработки; расстояние до смежной выработки; угол между сопрягающимися выработками.

Если ранее пройденная выработка закреплена податливой крепью и после проведения смежной или сопрягающейся выработки породы остаются в категории устойчивых, то вредное влияние на условия их поддержания несущественно. Особенно интенсивное вредное воздействие смежных и сопрягающихся выработок возникает при креплении их жесткой крепью и при переходе пород из одного состояния устойчивости в другое, например, из устойчивого в неустойчивое. В этих условиях необходимо:

— смежные выработки располагать на расстояниях, исключающих их вредное влияние друг на друга;

— сопрягающиеся выработки проводить одновременно на расстояниях от сопряжения, исключающих взаимное вредное влияние;

— угол между сопрягающимися выработками принимать максимально возможным;

— жесткую крепь на сопряжении возводить только после удаления от него проходческих забоев на расстояние, исключающее их интенсивное воздействие на смещение пород.

Особенно большое влияние на условия поддержания горных выработок оказывает ведение очистных работ, в результате которых в значительных областях примыкающего к очистным забоям горного массива нарушается его первоначальное равновесие, происходит интенсивное сдвижение пород и резкое изменение их напряженно-деформированного состояния.

При ведении очистных работ (рис. 43) породы в почве (лежачем боку) разрабатываемого пласта разгружаются от веса налегающей толщи пород до поверхности, и под выработанным

пространством образуется область пониженных напряжений (разгрузки).

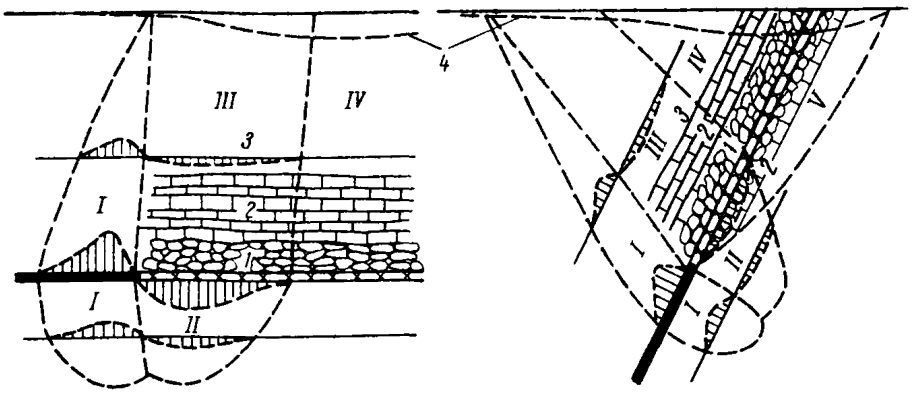


Рис. 43. Области и зоны влияния очистных работ:

I — опорного давления; II — разгрузки; III — неполной подработки; IV — полной подработки; V — сдвижения в почве; *1* — обрушения; *2* — трещиноватости; *3* — прогиба; *4* — мульды сдвижения на поверхности

Породы в кровле пласта (висячем боку) также разгружаются от пригрузки вышележащей толщи, и в них тоже образуется область разгрузки. Вследствие зависания пород кровли над краевыми частями выработанного пространства в оконтуривающем горном массиве (в разрабатываемом пласте и породах почвы и кровли) образуется область повышенных напряжений (опорного давления).

При пролете выработанного пространства, превышающем предельный пролет обрушения (осадки) пород кровли, кровля над выработанным пространством наряду с «разгрузкой» сдвигается в выработанное пространство. В результате сдвижения в кровле, в зависимости от степени ее нарушенности, могут быть выделены зоны: обрушения, интенсивной трещиноватости и расслоения, а также прогиба без нарушения сплошности пород.

Зона обрушения образуется непосредственно над разрабатываемым пластом, как правило, только при управлении кровлей полным обрушением. Вышележащие зоны интенсивной трещиноватости и прогиба образуются при всех способах управления кровлей. Лишь при полной закладке выработанного пространства материалом с небольшой усадкой сдвижение кровли непосредственно над пластом происходит без существенного нарушения сплошности.

Породы почвы под выработанным пространством на пологих и наклонных пластах в результате «разгрузки», как правило, деформируются без существенного нарушения сплошности. На крутых пластах в почве так же, как и в кровле, образуется область подработки (сдвижения).

Динамика изменения указанных областей и зон, образующихся в результате очистных работ, состоит в следующем. Вначале при

небольшом пролете выработанного пространства все области и зоны влияния замкнуты в горном массиве на расстоянии 1,5—2 пролетов в сторону кровли и 0,8—1 пролета в сторону почвы. Затем при превышении пролетом выработки 0,4—0,6 глубины от поверхности сдвижения в кровле достигают ее, но в этот период (до увеличения пролета выработки 0,8—1 глубины) сдвижение пород неполное. Лишь при пролете выработанного пространства свыше 1—1,2 глубины над средней частью выработанного пространства образуется область полного сдвижения (полной подработки) толщи пород кровли. Соответственно изменению сдвижения кровли с расширением выработанного пространства увеличиваются размеры зон опорного давления, которые достигают максимума и стабилизируются после образования области полного сдвижения пород.

Ведение очистных работ может привести либо к существенному ухудшению условий поддержания горных выработок, расположенных в областях и зонах их влияния, вплоть до невозможности поддержания, либо к облегчению условий поддержания. Вредное или полезное воздействие очистных работ на горные выработки, а также интенсивность их проявления определяются, с одной стороны, расположением выработки в области и зоне их влияния, с другой стороны, — сроками проведения выработок относительно очистных работ во времени. По времени воздействия следует различать два характерных случая:

— выработки на отрабатываемом пласте или породах кровли и почвы пройдены до начала очистных работ и подвергаются их дальнейшему вредному воздействию;

— выработки проводятся после окончания очистных работ на участках, где закончились активные сдвижения пород и произошла стабилизация зон влияния.

Выработки, расположенные в толще пород кровли разрабатываемого пласта и затем подрабатываемые, подвергаются вредному воздействию опорного давления впереди или боках очистной выработки, а также растягивающих и сжимающих деформаций пород в результате их сдвижения в выработанное пространство. В этом случае поддержание выработок, закрепленных жесткой крепью, не обеспечивается даже на значительных расстояниях от пласта в зоне прогиба пород без потери сплошности. Успешная подработка выработок с жесткой крепью может быть обеспечена лишь при установке в крепи элементов податливости, компенсирующих вредное воздействие сдвижения и опорного давления. Применение податливой крепи уменьшает вредное воздействие подработки, и такие выработки, при определенных мероприятиях (увеличение устойчивости и податливости крепи, запас сечения выработки на смещение пород), могут быть успешно подработаны на относительно небольших расстояниях от пласта, даже в зоне интенсивной трещиноватости.

В случае проведения горных выработок в зоне полных сдвижений после затухания активного процесса сдвижения условия под-

держания выработок, закрепленных податливой крепью, примерно такие же, как и при проведении их в нетронутом массиве. При креплении же выработок жесткой крепью в ней необходимо предусматривать элементы податливости для компенсации затухающего процесса сдвижения пород.

Выработки, расположенные в породах почвы разрабатываемого пласта и затем надрабатываемые, сначала подвергаются вредному воздействию опорного давления и лишь потом попадают в область разгрузки. В этом случае поддержание выработок обеспечивается лишь на значительных расстояниях от пласта.

При последующем проведении выработок в надработанной разгруженной зоне условия их поддержания существенно легче, чем в нетронутом массиве. Поэтому, при возможности, в тяжелых условиях поддержания выработок следует применять предварительную разгрузку массива.

Наиболее тяжелые условия поддержания выработок создаются при их проведении в породах кровли и почвы разрабатываемого пласта над и под краевыми частями в областях стационарного опорного давления, и особенно над и под целиками, оставленными в выработанном пространстве. Такое расположение выработок является недопустимым, и разработка пластов должна, как правило, проводиться без оставления целиков у выемочных выработок. Целики, оставляемые для охраны магистральных выработок, в период погашения выработок должны извлекаться.

В случае расположения непосредственно в разрабатываемом пласте выработок, закрепленных жесткой крепью, их поддержание может быть обеспечено только при охране целиками с размерами, превышающими зону опорного давления. Поддержание же выработок с небольшим сроком службы, закрепленных податливой крепью, может быть обеспечено и при меньших размерах целиков, но при значительном запасе сечения и податливости крепи на интенсивные смещения пород от влияния очистных работ.

Однако охрана выработок целиками небольших размеров приводит к потерям полезного ископаемого, затрудняет поддержание выработок ниже и выше разрабатываемого пласта и разработку других сближенных пластов, а также создает сложные условия поддержания выработок на разрабатываемом пласте. Поэтому способ охраны выемочных выработок целиками можно считать рациональным лишь на малых глубинах при разработке одиночных пластов.

Зависание толщи пород кровли на краевых частях пласта, приводящее к образованию в породах кровли и почвы на границе с ним зон разгрузки от горного давления, создает на значительных глубинах благоприятную возможность поддержания выемочных выработок без целиков на границе пласта с выработанным пространством.

При отсутствии в непосредственной кровле и почве пласта неустойчивых пучащих пород и принятии сопротивления и подат-

ливости крепи примерно такими же, как в очистном забое, поддержание выработок на границе пласта с выработанным пространством может быть обеспечено за движущимся очистным забоем. В случае же наличия в непосредственной кровле и почве пласта неустойчивых пучащих пород поддержание выработок на границе с выработанным пространством может быть обеспечено только на участках, где закончился процесс активного сдвижения пород и произошло существенное снижение напряжений в краевой части пласта. В этом случае более рациональным является способ проведения выработок вприсечку к выработанному пространству.

В особо тяжелых условиях, на больших глубинах и пучащих боковых породах, поддержание выемочных выработок может быть обеспечено только при их расположении в выработанном пространстве на участках, где почва полностью разгружена от веса толщи пород.

Приложение 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОКРАЩЕННЫХ РАЗМЕРОВ ЦЕЛИКОВ ПО ПРОСТИРАНИЮ ДЛЯ ОХРАНЫ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ

П.2.1. Сокращение размеров целиков по простиранию допускается для пластов, залегающих на глубине свыше 400 м.

П.2.2. Размер целика по простиранию l в каждую сторону от оси ствола на разрезе, проходящем через вертикальный шахтный ствол, определяется по табл. 34, в которой к I группе относятся

Таблица 34

Глубина почвы пласта, м	Размер целика по простиранию l (м) при крепях											
	монолитный бетон и железобетон				кирпич				тюбинги			
	Мощность пласта, м											
	0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	1,0	1,5	2,0
	I группа											
400	85	120	135	145	70	95	115	130	70	80	105	115
500	100	150	175	180	90	120	150	170	90	100	130	150
600	120	190	220	220	105	150	190	210	105	120	165	190
700	130	220	255	255	125	170	220	245	125	130	180	220
800	145	245	290	290	140	190	245	285	140	145	205	245
900	160	280	330	330	160	210	280	325	160	160	225	280
1000	175	285	360	365	175	210	285	335	175	175	235	285
1200	210	310	395	435	210	210	310	370	210	210	235	310
	II группа											
400	60	85	100	105	60	65	85	100	60	60	70	85
500	70	110	130	135	70	85	110	125	70	70	90	110
600	80	135	160	160	80	100	135	160	80	80	110	135
700	90	155	190	190	90	110	155	180	90	90	125	155
800	100	170	215	215	100	120	170	205	100	100	135	170
900	110	195	240	240	110	125	195	235	110	110	145	195
1000	120	195	260	270	120	125	195	245	120	120	145	195
1200	140	195	280	320	140	140	195	260	140	140	145	195

пласты с марками угля Д—Г при содержании песчаника в толще менее 30%, а ко II группе — все остальные пласты.

П.2.3. Размеры целиков по простиранию на разрезах, не проходящих через ствол, определяются линиями, проведенными от границ охраняемой площади под углами δ', имеющими промежуточное значение между углами сдвижения δ и граничными углами δ_0.

Углы δ' определяются по формуле:

$$\delta' = \delta_0 + (\delta - \delta_0)\frac{l_{\delta_0} - l}{l_{\delta_0} - l_\delta},$$

где l_{δ_0} — размер целика по простиранию на разрезе, проходящем через ствол, определенный по граничному углу; l_δ — то же по углу сдвижения; l — то же по табл. 34.

Приложение 3

ПОРЯДОК ВЫЕМКИ ЦЕЛИКОВ, МЕТОДИКА И ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА СДВИЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ОКОЛОСТВОЛЬНОГО МАССИВА

Условия и порядок выемки целиков

П.3.1. Отработка предохранительных целиков производится по специальному проекту с предварительным расчетом ожидаемых деформаций для нескольких положений подрабатываемого ствола относительно фронта очистных работ.

П.3.2. При выемке целиков на пологом падении (до 18°) основными являются вертикальные деформации сжатия и растяжения. Возможно некоторое влияние сдвиговых деформаций.

Вертикальные деформации массива приводят к укорочению или удлинению крепи ствола и армировки. Необходимо особо учитывать весьма большие величины сближения кровли и почвы при полной выемке угля у ствола.

Наиболее опасным является вертикальное сжатие в зонах опорного давления и уплотнения ранее разрыхленных пород, приводящее к образованию заколов и вывалов в крепи, не приспособленной к этим деформациям.

Околоствольный массив разгружается от опорного давления в результате проходки «разгрузочной выработки» при выемке целика в разрабатываемом пласте на пересечении его со стволом. Для этого перед отработкой целика угольный пласт у ствола на расстоянии 15—20 м от него вынимается. Выработанное пространство заполняется закладочным материалом или в нем устанавливается костровая крепь с породной забутовкой. Крепь ствола разрезается на высоту пласта и заполняется кладкой из деревянных брусков или иных податливых материалов, образующей осадочную зону.

Устройство «разгрузочной выработки» позволяет исключить возможность развития опасных деформаций сжатия в почве и кровле пласта в зоне опорного давления на высоту не менее, чем ширина выработки, а также обеспечивает плавное сближение почвы и кровли пласта в районе ствола.

П.3.3. Рекомендуется применять следующие схемы выемки целиков:

1. От ствола к границам. Выемка угля осуществляется двумя расходящимися забоями.

Крепь ствола в начальный период отработки попадает в зону полных сдвижений, характеризующуюся разуплотнениями и рас-

слоениями пород, и испытывает возрастающие деформации растяжения. Возможны сдвиговые деформации.

При обеспечении полной подработки по линии падения схема позволяет уменьшить деформации массива в направлении вкрест простирания в 1,5—2 раза и избежать горизонтальных деформаций растяжения в верхней части ствола в направлении по простиранию.

Этот порядок отработки следует преимущественно применять при работе с закладкой. В случае проведения полной и частичной выемки целика с обрушением кровли в месте пересечения стволом отрабатываемого пласта следует устраивать костровую зону, предохраняющую кровлю от беспорядочного обрушения и обеспечивающую плавное сближение ее с почвой пласта. В крепи ствола предусматриваются осадочные швы и зоны и приспосабливается армировка.

2. От границ к стволу. Ствол по мере отработки попадает в зону опорного давления. Наиболее опасными деформациями для конструктивно незащищенной крепи являются вертикальные сжатия.

Обеспечивается сокращение деформаций в 1,5—2 раза по сравнению с обычной разработкой по линии падения, при предварительном оконтуривании целика со стороны верхней и нижней границы. В направлении простирания в верхней части ствола возможны максимальные горизонтальные деформации.

Этот порядок отработки позволяет своевременно обнаружить непредвиденные отклонения в процессе сдвижения при постепенном возрастании деформаций.

В месте пересечения стволом отрабатываемого пласта для уменьшения вредного влияния опорного давления проводится «разгрузочная выработка» (п. П.3.2). Крепь и армировка ствола защищаются конструктивно.

3. От границы в одном направлении. Отработка может осуществляться как одной лавой, так и несколькими смежными забоями, движущимися одновременно или с заданным относительным опережением. При этом деформации в направлении движения забоев максимальные.

Крепь ствола при необходимости конструктивно приспосабливают, защищают от опорного давления (п. П.3.2) или предусматривают соответствующий ремонт.

П.3.4. В процессе проведения выемки необходимо обеспечивать симметричное подвигание забоев относительно оси ствола. При расположении забоев относительно ствола более чем на $0{,}1H$ допускается расхождение в расстояниях до 4—5 м, а при меньшем — 1,5—2 м.

В специально обоснованных случаях допускается увеличение этих расстояний. Скорость подвигания очистного забоя должна быть максимальной.

П.3.5. В период отработки целика следует иметь в виду следующие три стадии с присущими им характерными деформациями:

Первая (начальная) — начало отработки целика и приближение (удаление) фронта очистных работ к стволу (от ствола). В этот момент ствол попадает в зону опорного давления (при пересечении отрабатываемого пласта и небольшой кратности подработки зумпфа) или зону разгрузки. Преобладающий вид деформаций в первом случае (схема 2 и 3, п. П.3.3) — сжатия слоев пород. В незащищенной крепи возникают отслоения, трещины и заколы. Небольшие нарушения такого рода могут наблюдаться и на защищенных участках. Во втором случае (схема 1, п. П.3.3) преобладают растягивающие усилия. Нарушения крепи — отдельные трещины разрыва, иногда незначительные сдвиги по напластованию.

Вторая (основная) — момент пересечения очистным забоем оси ствола (или его проекции). Характерные деформации — чередующиеся участки вертикального сжатия и растяжения массива. Вид нарушений — раскрытие трещин и швов; на конструктивно незащищенных участках заколы и вывалы; на защищенных — иногда незначительные заколы.

Третья (затухания) — окончание отработки целика. Характеризуется закрытием трещин, выдавливанием пород на ненарушенных ранее участках. Происходит общее затухание процесса сдвижения.

П.3.6. В процессе выемки целиков по возможности следует исключить отрицательно влияющие на крепь ствола и армировку факторы:

а) оставление в выработанном пространстве целиков небольших размеров;

б) остановку очистных забоев;

в) изрезанность целика капитальными и подготовительными выработками.

Ход процесса сдвижения и деформации ствола и сооружений земной поверхности должен систематически контролироваться инструментальными наблюдениями, проводимыми на всех критических этапах отработки целика, и для моментов, для которых сделан предварительный расчет деформаций.

При расположении очистных забоев ближе 50 м от ствола осмотр крепи и армировки всех стволов, оборудованных подъемом, производится каждую смену.

Крепь стволов необходимо защищать металлической сеткой или решеткой на расстоянии 20 м выше и 10 ниже сопряжений с околоствольными выработками и местами пересечений с отработанными пластами.

П.3.7. Горное предприятие может производить отработку целиков, если горногеологические условия и условия эксплуатации сооружений не изменились по сравнению с теми, которые были приняты при проектировании выемки.

При изменении горногеологических условий (увеличение количества разрабатываемых пластов, уменьшение кратности более чем на 10%, изменение угла падения пород более чем на 5° и т. д.), приводящем к увеличению деформаций, выемка целиков допускается по специальному проекту, обеспечивающему уменьшение деформаций до величин, принятых при проектировании.

Условия применения методики расчета сдвижений и деформаций

П.3.8. Рекомендации по определению ожидаемых величин сдвижений и деформаций земной поверхности и околоствольного массива от проектируемых и проводимых в целике очистных выработок приводятся для условий разработки свит и одиночных пластов с углом падения до 18° при отсутствии сдвижений по напластованию (рис. 44). Расчеты могут производиться при управлении кровлей полным обрушением или закладкой выработанного пространства для прямолинейных контуров очистных выработок.

П.3.9. Расчет вертикальных сдвижений и деформаций земной поверхности и околоствольного массива от проектируемых в целике выработок может производиться для условий Донецкого бассейна по упрощенной методике (см. пп. П.3.14, П.3.15, П.3.24). Она применяется при ориентировочных расчетах, например, для решения вопроса о необходимости введения конструктивных мероприятий в армировку и крепь ствола, для прогноза величин средних вертикальных деформаций крепи и др.

П.3.10. При особо сложных горногеологических условиях для расчета сдвижений и деформаций околоствольного массива рекомендуется привлекать специализированные организации (ВНИМИ и др.). К таким условиям относятся:

а) наличие в околоствольном массиве крупных разрывных нарушений или древних оползней;

б) складчатое залегание пород;

в) угол падения пластов более 18°;

г) гористый рельеф поверхности;

д) возможность оседания толщи пород под влиянием водопонижения или откачки воды из затопленных выработок;

е) камерная система разработки;

ж) наличие в околоствольном целике ранее пройденных очистных выработок.

П.3.11. При расчете сдвижений и деформаций от очистных выработок, полностью или частично проводимых в целике, необходимо учитывать наличие в пласте ранее пройденных и проектируемых за пределами целика выработок. Расчет производится как от одной выработки суммарных размеров. Когда проводимая в целике очистная выработка отделена от пройденных или проектируемых в пласте за пределами целика выработок целиком, размеры которого более $0{,}15H$ (H — средняя глубина залегания целика),

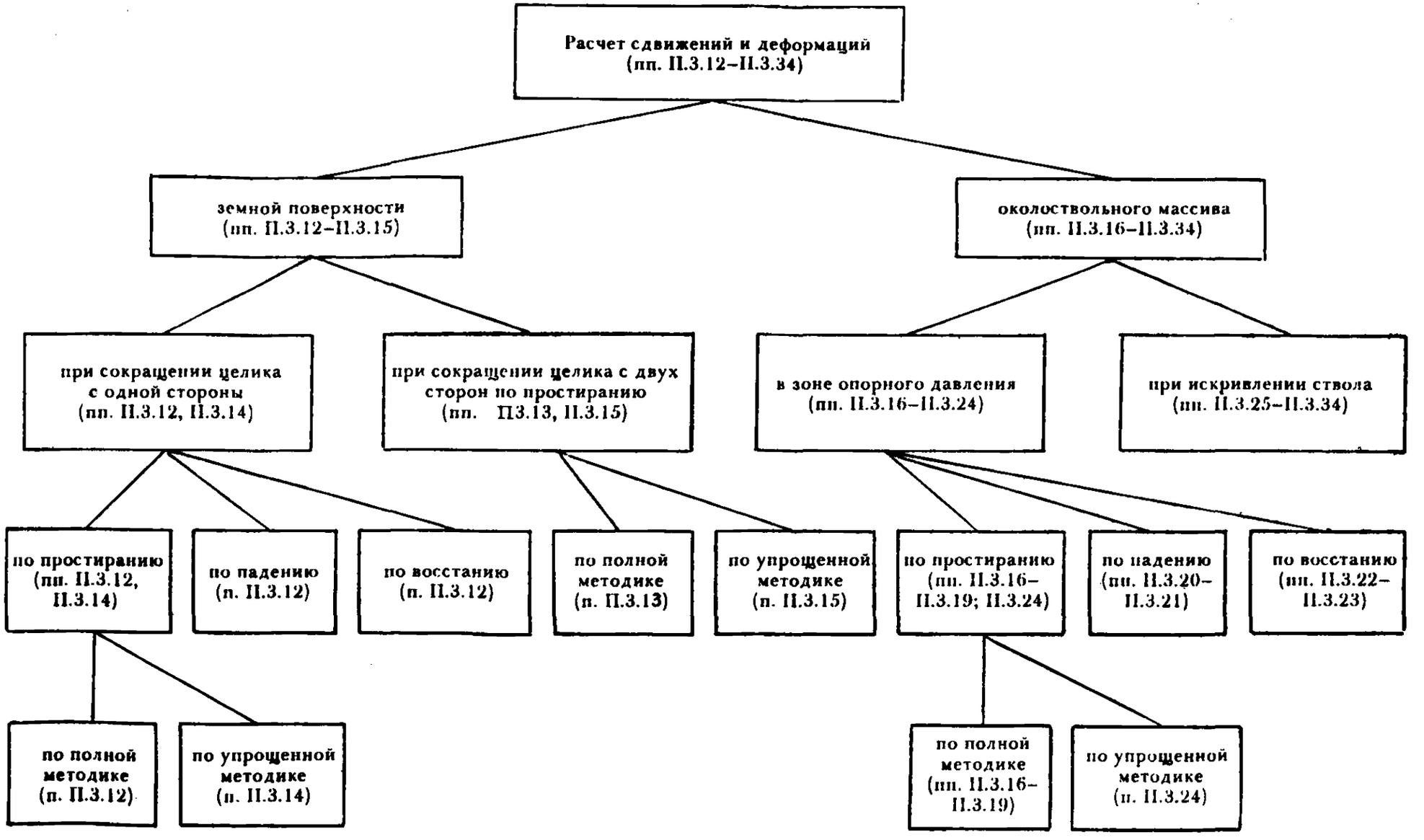


Рис. 44. Схема выполнения расчетов сдвижений и деформаций земной поверхности и околоствольного массива

то расчет сдвижений и деформаций выполняется без учета ранее пройденных или проектируемых за пределами целика выработок.

Когда ствол проходится в зоне влияния очистных работ до окончания процесса сдвижения в соответствии с Правилами охраны, расчетные сдвижения и деформации определяются с привлечением специализированных научно-исследовательских институтов.

Рассчитанные по настоящей методике ожидаемые величины сдвижений и деформаций, при использовании их в качестве исходных данных для разработки мер по предотвращению нарушений эксплуатируемых или реконструируемых стволов, должны умножаться на коэффициенты перегрузки, приведенные в табл. 35.

Таблица 35

Деформации	Коэффициенты перегрузки	
	обозначение	величина
Оседание η	n	1,2
Горизонтальное сдвижение ξ_x	n_ξ	1,2
Уклон, наклон i_z, i_x	n_i	1,4
Кривизна k_z, k_x	n_k	1,8
Относительные вертикальные деформации ε_z	n_z	1,2
Относительные горизонтальные деформации ε_x	n_ε	1,4

Примечание. Коэффициенты перегрузки в величины рассчитанных ожидаемых сдвижений и деформаций вводятся только один раз. Например, при расчете деформаций ε_z по формуле (67) используются величины оседаний без коэффициента перегрузки, а в полученное значение деформаций ε_z вводится коэффициент перегрузки согласно табл. 35.

Расчет сдвижений и деформаций земной поверхности

А. Полная методика

П.3.12. При сокращении околоствольного целика с одной стороны величины сдвижений и деформаций земной поверхности определяются по рекомендациям Правил охраны для соответствующего бассейна (см. п. П.3.11).

П.3.13. При сокращении целика с противоположных сторон по простиранию величины сдвижений и деформаций земной поверхности определяются способом суммирования от каждой выработки с учетом их знаков (см. п. П.3.11).

Расчет сдвижений и деформаций от каждой из противолежащих выработок производится по рекомендациям Правил охраны*. При

* Здесь и далее имеется в виду, что сдвижения и деформации, или параметры процесса сдвижения, определяемые по действующим в бассейне Правилам охраны сооружений и природных объектов могут приниматься согласно «Руководству по расчету, проектированию и строительству зданий и сооружений на подрабатываемых территориях». М., Стройиздат, 1977.

этом угол полных сдвижений и граничный угол от влияния горных выработок, оконтуривающих целик во вторую очередь, определяется по формулам:

$$\delta_0' = \delta_0 - (\delta_0 - \phi_3)\left(1 - \frac{l}{l_0}\right)^2; \qquad (58)$$

$$\psi_3' = \psi_3 + (\delta_0 - \phi_3)\left(1 - \frac{l}{l_0}\right)^2, \qquad (59)$$

где δ_0' и ψ_3' — соответственно граничный угол и угол полных сдвижений при размере предохранительного целика $l<l_0$, углы строятся от границы целика, оконтуриваемой во вторую очередь; l_0 — предельный размер предохранительного целика, определяемый по формуле:

$$l_0 = 2H \operatorname{ctg} \delta_0, \qquad (60)$$

где H — глубина залегания пласта.

Если $l>l_0$, то размер предохранительного целика при расчете по формулам (58) и (59) принимается $l=l_0$. Граничный угол и угол полных сдвижений от влияния горных выработок, оконтуривающих целик в первую очередь, определяются по Правилам охраны.

Если сокращение целика с противоположных сторон по простиранию производится одновременно, то граничный угол и угол полных сдвижений от влияния каждой из противолежащих выработок определяются по формулам (58) и (59).

Б. Упрощенная методика для условий Донецкого бассейна

П.3.14. При сокращении целика с одной стороны по простиранию оседание точки земной поверхности (устья ствола), расположенной над околоствольным целиком на расстоянии l_c от проекции границы горных работ по простиранию, определяется из выражения:

$$\eta_{l_c} = 2\eta_m\left(0{,}3 - \frac{l_c}{H}\right)^2, \qquad (61)$$

где η_m — максимальное оседание земной поверхности над горными работами, граничащими с околоствольным целиком, находится по Правилам охраны (см. п. П.3.11); H — глубина горных работ; при расчете величина l_c/H принимается не более 0,3.

П.3.15. При сокращении целика с двух сторон по простиранию оседание точки земной поверхности (устья ствола) над серединой околоствольного целика вычисляется по формуле:

$$\eta_ц = \eta_m (1 - 1{,}2 \frac{l}{H})^2, \qquad (62)$$

где l — размер околоствольного целика в рассматриваемом сечении; при расчете l/H принимается не более 0,83.

Расчет сдвижений и деформаций в зоне опорного давления

А. Полная методика

П.3.16. Расчет сдвижений и деформаций в зоне опорного давления (зона сжатия) выполняется на основе определения нормальной составляющей вектора сдвижения.

Схема, с помощью которой выполняется расчет сдвижений и деформации на разрезе по простиранию, приведена на рис. 45.

На разрезе по простиранию от границы выработки в сторону целика откладывается отрезок 5—B, равный

$$L_0 = H \operatorname{ctg} \delta_0 \qquad (63)$$

и соответствующий размеру зоны опорного давления в плоскости угольного пласта по простиранию.

Отрезок 5—B делится на четыре равные части. Через точки деления проводятся вертикальные линии I, II, III, IV и V. На вертикальной линии, проходящей через границу выработки (точка 5), в сторону кровли и почвы пласта откладываются отрезки, равные L_0 (точки 1 и 9). Отрезок 1—9 делится на восемь равных частей, а точки деления соединяются с точкой B прямыми.

Оседания в зоне опорного давления определяются для узловых точек — точек пересечения вертикальных (I, II, III, IV, V) и наклонных (I—B, 1—B, ..., 9—B) линий. Величины оседаний η в узловых точках вычисляются по формуле:

$$\eta = \eta_0 S(z), \qquad (64)$$

где $S(z)$ — коэффициент, характеризующий распределение оседаний в зоне опорного давления и определяемый по табл. 36; η_0 — максимальное оседание при полной подработке земной поверхности выработкой, от которой производится расчет (см. п. П.3.11), определяемое по формуле:

$$\eta_0 = q_0 m, \qquad (65)$$

где q_0 — относительное максимальное оседание — согласно Правилам охраны; m — вынимаемая мощность пласта.

При неполной подработке вместо η_0 определяется максимальное оседание η_m по рекомендациям Правил охраны.

Величины $S(z)_1 = a$, $S(z)_2 = b$, $S(z)_3 = c$, $S(z)_4 = d$ находятся по Правилам охраны по $z = x/L_3$, соответственно для вертикальных

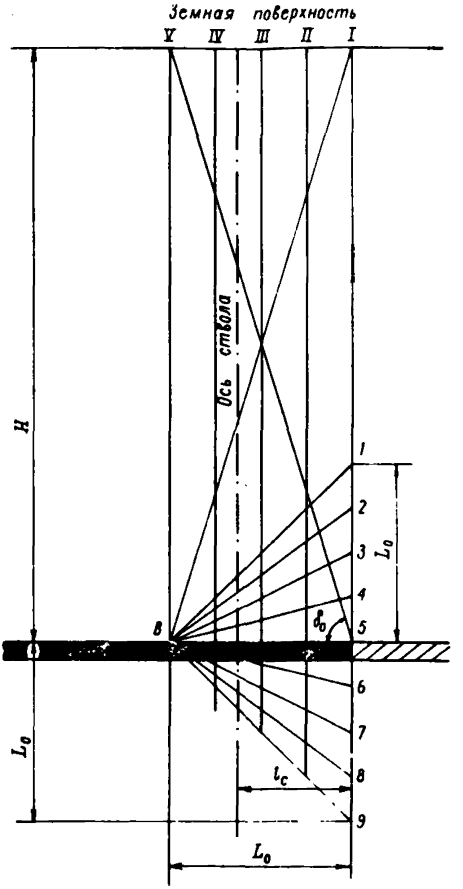


Рис. 45. Схема к расчету сдвижений и деформаций в зоне опорного давления на разрезе по простиранию

линий I, II, III, IV (см. пример 2). Длина полумульды на разрезе по простиранию определяется графически или по формуле:

$$L_3 = H(\operatorname{ctg}\delta_0 + \operatorname{ctg}\psi_3), \qquad (66)$$

где δ_0 и ψ_3 — определяются по Правилам охраны с учетом п. П.3.11.

П.3.17. При сокращении предохранительного целика с противоположных сторон расчет оседаний земной поверхности выполняется в соответствии с рекомендациями п. П.3.13. Расчет оседаний

Таблица 36

Горизонтальное или наклонное сечение	Значения коэффициентов S(z) для определения оседаний в узловых точках при вертикальном или наклонном сечении				
	V	IV	III	II	I
Земная поверхность	0	d	c	b	a
1–B	0	d	c	b	a
1–B	0	$\frac{d}{q_o}$	$\frac{c}{q_o}$	$\frac{b}{q_o}$	$\frac{a}{q_o}$
2–B	0	$\frac{d(a-0,5d)}{aq_o}$	$\frac{c(a-0,5d)}{aq_o}$	$\frac{b(a-0,5d)}{aq_o}$	$\frac{a-0,5d}{q_o}$
3–B	0	$\frac{d(a-0,5c)}{aq_o}$	$\frac{c(a-0,5c)}{aq_o}$	$\frac{b(a-0,5c)}{aq_o}$	$\frac{a-0,5c}{q_o}$
4–B	0	$\frac{d(a-0,5b)}{aq_o}$	$\frac{c(a-0,5b)}{aq_o}$	$\frac{b(a-0,5b)}{aq_o}$	$\frac{a-0,5b}{q_o}$
5–B	0	$\frac{d}{2q_o}$	$\frac{c}{2q_o}$	$\frac{b}{2q_o}$	$\frac{a}{2q_o}$
6–B	0	$\frac{bd}{2aq_o}$	$\frac{bc}{2aq_o}$	$\frac{b^2}{2aq_o}$	$\frac{b}{2q_o}$
7–B	0	$\frac{cd}{2aq_o}$	$\frac{c^2}{2aq_o}$	$\frac{bc}{2aq_o}$	$\frac{c}{2q_o}$
8–B	0	$\frac{d^2}{2aq_o}$	$\frac{cd}{2aq_o}$	$\frac{bd}{2aq_o}$	$\frac{d}{2q_o}$
9–B	0	0	0	0	0

в зоне опорного давления производится отдельно от каждой выработки, и результаты суммируются. При этом граничный угол и угол полных сдвижений, входящие в формулы (63) и (66) для горной выработки, отрабатываемой во вторую очередь, определяются по формулам (58) и (59). Размеры зоны опорного давления в кровле и почве пласта принимаются равными размеру зоны опорного давления, определяемому по формуле (63).

П.3.18. Вертикальные деформации ε_z *в зоне опорного давления* для однородных* горных пород определяются для середины интервалов между узловыми точками по формуле:

* Под *однородными* здесь понимают породы, модули деформации которых отличаются не более чем в 2 раза от среднего модуля деформаций массива, определяемого по рекомендациям п. П.3.19.

$$\varepsilon_z = \frac{\eta_n - \eta_{n-1}}{l}, \qquad (67)$$

где η_n и η_{n-1} — соответственно оседания нижней и верхней точек, расположенных на одной вертикали (I, II, III, IV, V, см. рис. 45), при расчете на разрезах по простиранию или сдвижения по нормали к напластованию на одной из наклонных линий (I, II, III, IV, V, рис. 46) на разрезе вкрест простирания; l — расстояние между точками.

Определение вертикальных деформаций точек оси ствола по найденным деформациям интервалов нормальных сечений (I, II, III, IV, V) между узловыми точками производится следующим образом.

Соединяются середины интервалов между узловыми точками нормальных сечений, ближайших к оси ствола и расположенных по обе ее стороны. Деформации точек пересечения этих линий со стволом определяются интерполированием. Например, для случая (см. рис. 45) интерполяция должна производиться между нормальными сечениями III и IV.

При $l_c \geq 0{,}7L_0$, где l_c — расстояние в плоскости пласта от границы очистной выработки до оси ствола (см. рис. 45), расчет деформаций не производится ввиду их малых величин в области ствола.

П.3.19. При различных модулях деформации слоев расчет сжатий пород осуществляется в следующей очередности:

а) по рекомендациям п. П.3.18 определяются сжатия ε_z интервалов зоны опорного давления в условиях однородных пород;

б) определяются приведенные значения деформаций сжатия $\varepsilon_{z\,прив}$ по формуле:

$$\varepsilon_{z\,прив} = \varepsilon_z \frac{E_{ср}}{E_i}, \qquad (68)$$

где $E_{ср}$ — средний модуль деформации массива; E_i — модуль деформации i-того слоя;

$$E_{ср} = \frac{H_0}{\frac{h_1}{E_1} + \frac{h_2}{E_2} + \cdots + \frac{h_n}{E_n}}, \qquad (69)$$

где H_0 — общий размер зоны опорного давления в данном расчетном сечении (I, II, III, IV, V); $h_1, h_2, \ldots, h_n$ — мощности отдельных слоев в зоне опорного давления $\sum_1^n h_i = H_0$.

При отсутствии значений модулей деформации вместо них для приближенных расчетов могут быть использованы пределы прочности слоев на одноосное сжатие.

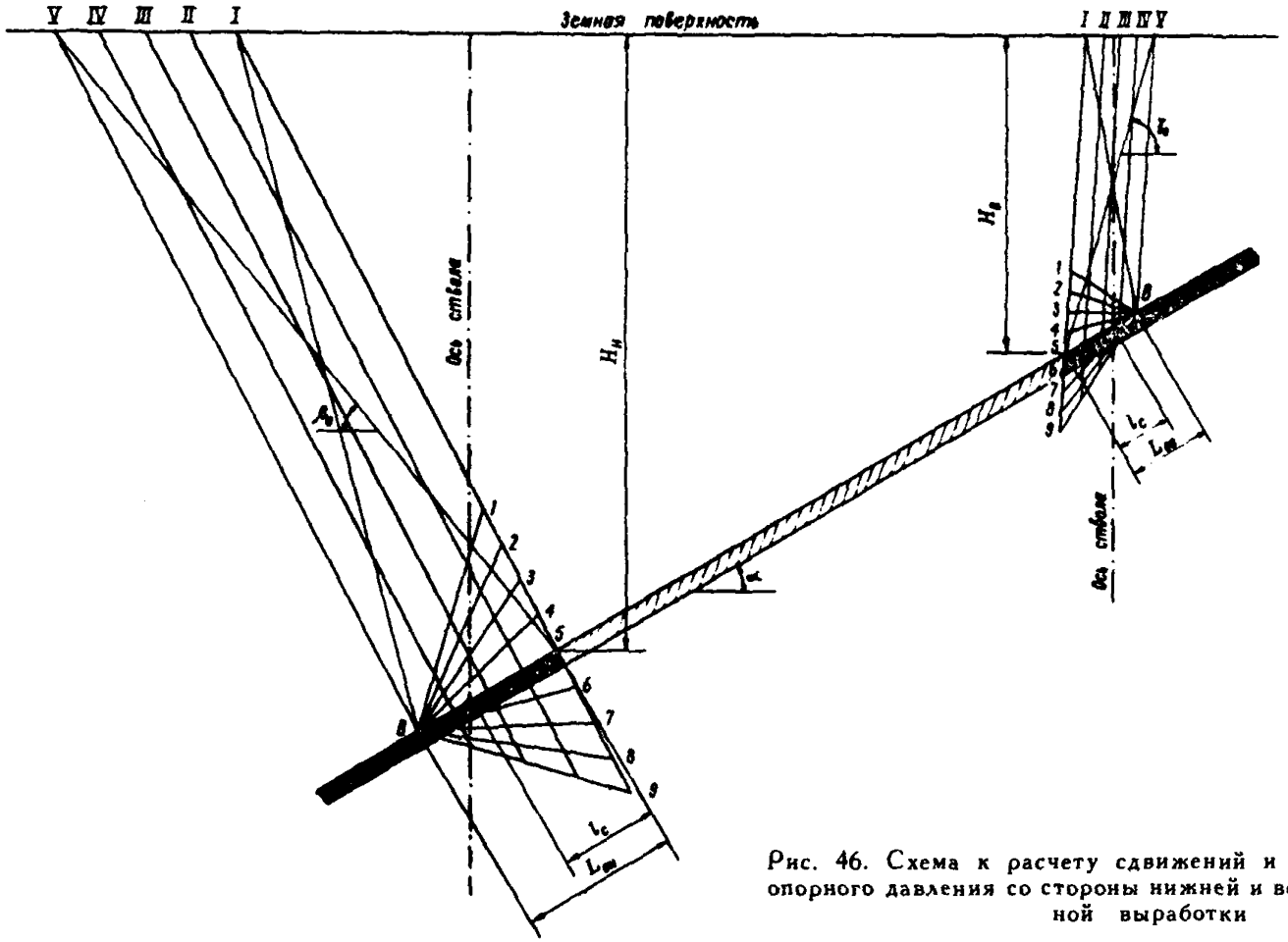


Рис. 46. Схема к расчету сдвижений и деформаций в зонах опорного давления со стороны нижней и верхней границ очистной выработки

П.3.20. По схеме (см. рис. 46) выполняется расчет сдвижений и деформаций на разрезе вкрест простирания.

При углах падения от 0 до 5° включительно расчет производится как для разреза по простиранию в соответствии с пп. П.3.16—П.3.19.

На разрезе вкрест простирания у нижней границы выработки построение производится следующим образом. От границы выработки в сторону целика в плоскости пласта откладывается отрезок 5—*B*, равный

$$L_{0н}=H_н \operatorname{ctg} \delta_0 \cdot \cos\alpha, \qquad (70)$$

где $L_{0н}$ — размер зоны опорного давления со стороны нижней границы выработки; $H_н$ — глубина залегания нижней границы выработки; α — угол падения пласта.

От нижней границы выработки (точка 5) по граничному углу β_0, определяемому по действующим Правилам охраны, проводим линию до пересечения с земной поверхностью (точка V). Соединяем точки V и *B* прямой линией и из точки 5 проводим линию, параллельную линии V—*B*, до пересечения с земной поверхностью (точка I). На линии 5—I, проходящей через границу выработки (точка 5), в сторону пород кровли и почвы пласта откладываем отрезки, равные $L_{0,н}$ (точки 1 и 9). Точки 1 и 9 соединяем с точкой *B*. Отрезок 5—*B* делим на четыре равные части. Из точек, полученных в результате деления отрезка 5—*B*, проводим линии, параллельные линии V—*B* до пересечения с земной поверхностью (точки II, III и IV) и с линией *B*—9. Отрезок 1—9 делим на восемь равных частей, и полученные точки 1, 2, ..., 8, 9 соединяем с точкой *B*.

Оседания η у нижней границы выработки в зоне опорного давления определяются для узловых точек (точек пересечения линий, проходящих через точки I, II, III, IV, т. е. параллельных линии V—*B* и наклонных линий I—*B*, 1—*B*, ..., 9—*B*) и вычисляются по формуле (64), в которой коэффициент S(z) находится по табл. 36. Величины η_0 или η_m определяются в соответствии с п. П.3.16.

П.3.21. Вертикальные деформации ε_z у нижней границы выработки в зоне опорного давления для интервалов между узловыми точками определяются по формуле (67), в которой η_c или η_m определяются в соответствии с п. П.3.16.

Вертикальные деформации точек оси ствола по найденным деформациям интервалов между узловыми точками вертикальных (наклонных) сечений (I, II, III, IV, V), вычисляются аналогично определению на разрезе по простиранию (п. П.3.18). Например, для случая (см. рис. 46) со стороны нижней границы выработки интерполяция должна производиться для интервалов 1—2 и 2—3 между сечениями II и III, для интервалов 3—4, 4—5, 5—6, 6—7 — между сечениями III и IV и т. д.

При $l_c \geq 0{,}7L_{0.н}$ деформации на разрезе вкрест простирания от нижней границы выработки не рассчитываются ввиду их малых величин в области ствола.

П.3.22. Для определения сдвижений и деформаций в зоне опорного давления у верхней границы выработки геометрические построения производятся аналогично, как и у нижней (см. рис. 46). Угол γ_0 определяется по Правилам охраны.

Размер зоны опорного давления со стороны верхней границы выработки определяется по формуле:

$$L_{0.в} = H_в \cdot \operatorname{ctg} \delta_0 \cos \alpha, \qquad (71)$$

где $H_в$ — глубина верхней границы выработки.

Сдвижения по вертикали η у верхней границы выработки в зоне опорного давления рассчитываются для узловых точек по формуле (64), в которой значение коэффициента S(z) берется из табл. 36.

П.3.23. Вертикальные деформации ε_z у верхней границы выработки в зоне опорного давления для интервалов между узловыми точками вычисляются по формуле (67), в которой η_0 или η_m определяются в соответствии с п. П.3.16.

При $l_c \geq 0{,}7L_{0.в}$ деформации на разрезе вкрест простирания от верхней границы выработки не рассматриваются ввиду их малых значений в области ствола.

Б. Упрощенная методика для условий Донецкого бассейна

П.3.24. Оседания устья ствола при сокращении предохранительного целика с одной стороны или с двух сторон по простиранию определяются согласно пп. П.3.14 и П.3.15.

Величина среднего сжатия массива в вертикальном направлении ε_{zc} под рассматриваемой точкой при одностороннем и двухстороннем оконтуривании целика определяется по формуле:

$$\varepsilon_{zc} = \eta_ц / H_0, \qquad (72)$$

где H_0 — общий размер зоны опорного давления по оси ствола, определяется по рекомендациям пп. П.3.16 и П.3.17 (см. примеры 3 и 4).

Величина максимального сжатия массива в вертикальном направлении $\varepsilon_{z\,макс}$ на горизонте разрабатываемого пласта принимается равной утроенной величине среднего сжатия массива в вертикальном направлении ε_{zc}.

Расчет искривлений вертикальных шахтных стволов

П.3.25. Приводимые методы расчета искривлений вертикальных шахтных стволов даются для полной и неполной подработки.

Расчеты производятся на разрезе по простиранию или вкрест простирания в области, ограниченной граничными углами сдвижения.

П.3.26. Расчет искривлений шахтных стволов выполняется на основании построения схемы положений изолиний вертикальных сдвижений η (рис. 47 и 48) и определения горизонтальных составляющих вектора сдвижения в точках околоствольного массива по вертикальной оси ствола.

П.3.27. Положение изолиний вертикальных сдвижений для ствола, расположенного со стороны падения выработки при условии полной подработки земной поверхности, на разрезе вкрест простирания (см. рис. 47) определяют следующим образом.

По граничному углу β_0 и углу полных сдвижений ψ_1 находится размер полумульды на земной поверхности L_1, которая делится на 10 равных частей (точки 1, ..., 11).

Точка A (нижняя граница очистной выработки) соединяется прямыми линиями с точками 1, ..., 11. Линии 1—A, ..., 11—A представляют собой линии равных относительных вертикальных сдвижений η в толще пород, на рис. 47 они показаны цифрами, означающими доли от максимального оседания η_m. Эти линии в дальнейшем условно называются изолиниями.

Построение схемы положений изолиний вертикальных сдвижений на разрезе по простиранию пласта, а также на разрезе вкрест простирания со стороны верхней границы выработки при условии полной подработки производится аналогичным образом.

П.3.28. Если на разрезе вкрест простирания размер очистной выработки не обеспечивает полную подработку земной поверхности, то построение схемы положений изолиний вертикальных сдвижений производится следующим образом. От середины выработки (точка $Д$ на рис. 48) под углом Θ, определяемым по Правилам охраны, проводится прямая линия до пересечения с земной поверхностью (точка 1). От нижней границы выработки (точка A) под углом β_0 проводится линия до пересечения с земной поверхностью (точка 11). Отрезок 1—11=L_1 является величиной полумульды со стороны падения выработки. Полумульда точками 2, ..., 10 делится на десять равных частей. Точки деления соединяются с точкой A прямыми линиями, представляющими изолинии относительных вертикальных сдвижений в толще со стороны падения выработки. Наименование (оцифровка) изолиний находится по таблице для величины $S(z)$ по коэффициенту подработанности n_1, определяемому согласно Правилам охраны.

Например, для условий Донбасса по табл. 1.4 Правил охраны для n_1=0,6 находим наименование изолиний (оцифровку), которые и даны на рис. 48.

По простиранию и со стороны верхней границы выработки построение производится аналогично.

П.3.29. В точках пересечения оси ствола с земной поверхностью и с изолиниями вертикальных сдвижений (например, точки 12, ...,

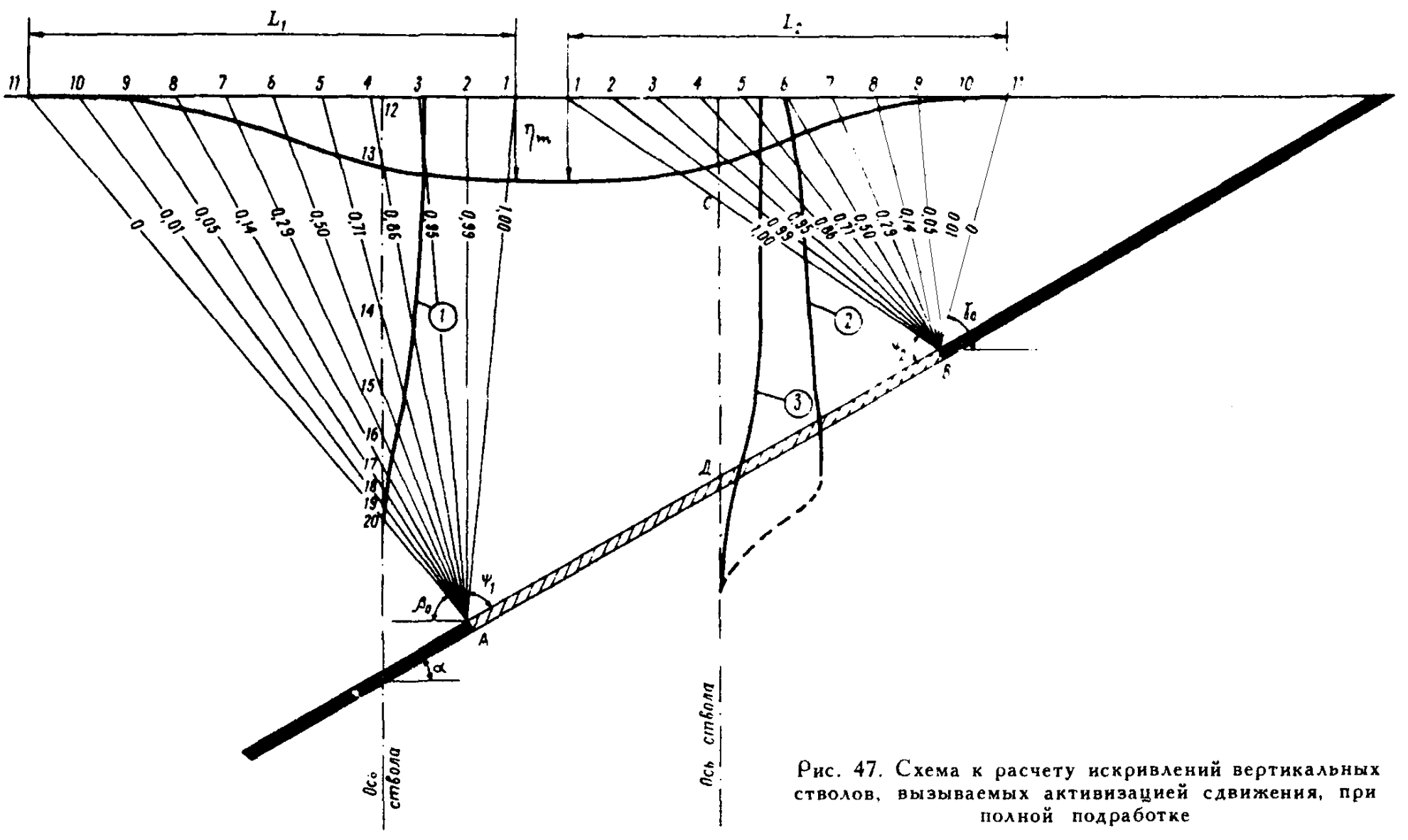


Рис. 47. Схема к расчету искривлений вертикальных стволов, вызываемых активизацией сдвижения, при полной подработке

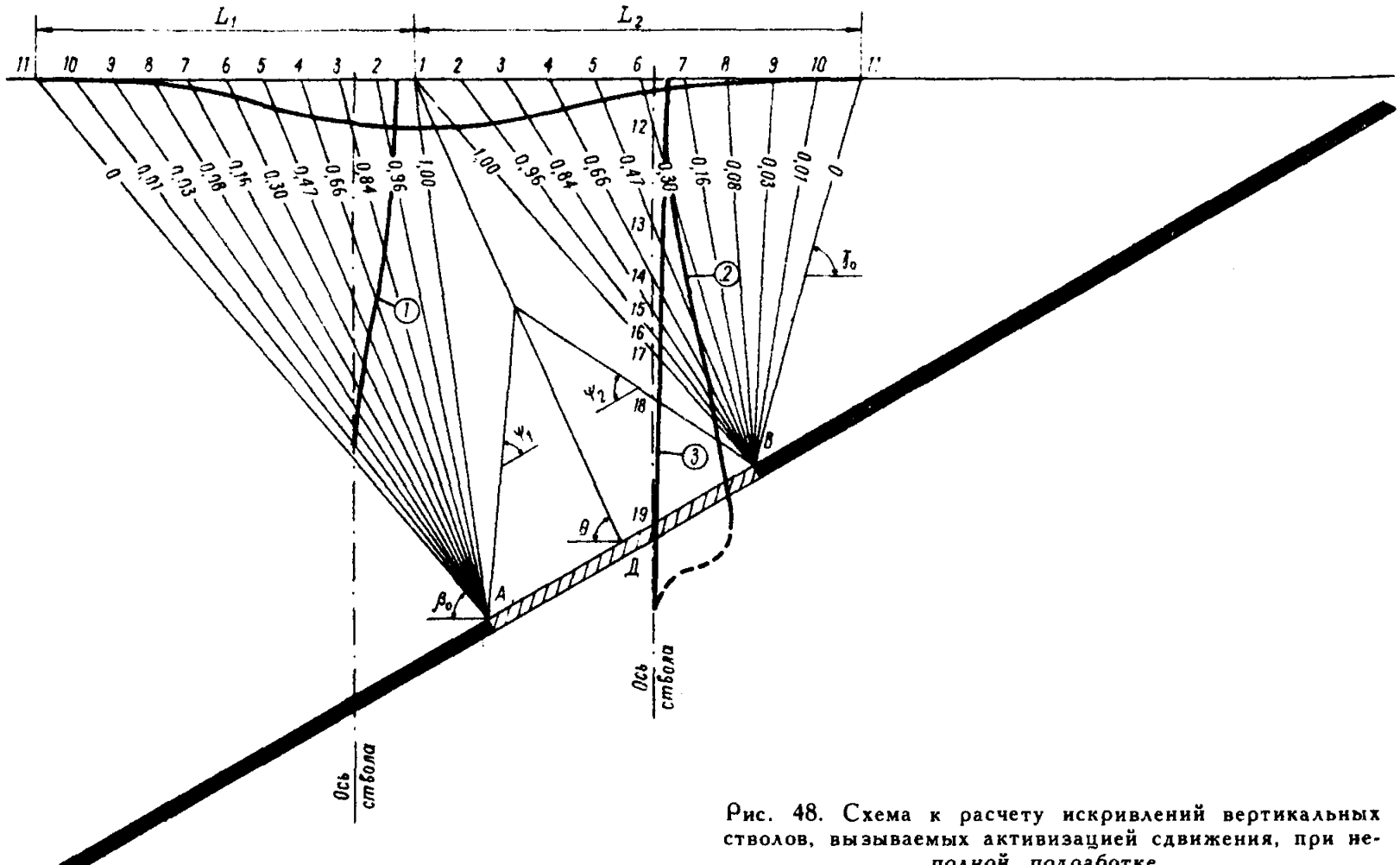


Рис. 48. Схема к расчету искривлений вертикальных стволов, вызываемых активизацией сдвижения, при неполной подработке

20 на рис. 47) горизонтальные сдвижения рассчитываются по формуле:

$$\xi = \eta \operatorname{tg} \alpha \pm 0{,}15\,\eta_m S'(z), \qquad (73)$$

где $S'(z)$ — функция распределения наклонов определяется по Правилам охраны. В формуле (73) знак плюс относится к полумульде по восстанию, знак минус — к полумульде по падению пласта; η — определяется в местах пересечения оси ствола с изолиниями относительных вертикальных сдвижений и представляет собой произведение относительного вертикального сдвижения по данной изолинии и максимального оседания η_m (например, для точки 14 $\eta = 0{,}71\eta_m$, для точки 15 $\eta = 0{,}5\,\eta_m$ и т. д.).

Горизонтальные сдвижения, рассчитанные указанным способом, всегда направлены в сторону восстания пласта и имеют знак плюс.

Максимальное оседание определяется по Правилам охраны с учетом п. П.3.11.

П.3.30. Рассчитанные горизонтальные сдвижения ξ откладываются в масштабе в местах пересечения оси ствола с изолиниями вертикальных сдвижений η ; соединяя отложенные значения ξ , получаем профиль искривления оси ствола (кривые *1* на рис. 47 и 48).

На профиле ствола выбираются характерные точки — места перегиба профиля — и с использованием полученных для них величин горизонтальных сдвижений ξ рассчитываются уклоны и искривления стволов.

Отклонения интервалов от вертикальной линии (уклоны) в коренных породах определяются по формуле:

$$i_{z_n} = (\xi_n - \xi_{n-1})/l_n, \qquad (74)$$

где ξ_n и ξ_{n-1} соответственно горизонтальные сдвижения соседних точек массива, расположенных на одной вертикальной линии; l_n — расстояние между точками.

Кривизна вертикальной линии в коренных породах (искривление оси ствола) определяется по формуле:

$$k_z = (i_{z_n} - i_{z_{n-1}})/0{,}5(l_n + l_{n-1}), \qquad (75)$$

где i_{z_n} и $i_{z_{n-1}}$ — уклоны соседних интервалов массива; $0{,}5(l_n + l_{n-1})$ — полусумма длин соседних интервалов.

Вертикальные деформации ε_z по оси ствола определяются по формуле (67), в которой оседания в точке по оси ствола принимаются в соответствии с пп. П.3.26—П.3.28.

П.3.31. Рассмотренные выше расчеты искривления оси ствола относятся только к тем случаям, когда ось ствола на разрезе вкрест простирания не пересекает очистную выработку или ее

проекцию на плоскости разреза вкрест простирания (кривые *1* на рис. 47 и 48).

Положение оси ствола на разрезе вкрест простирания относительно очистных выработок может быть следующим:

1) ось ствола пересекает очистную выработку;

2) ось ствола пересекает проекцию очистной выработки, т. е. на разрезе по простиранию ось ствола проходит через целик.

П.3.32. В первом случае схемы положений изолиний вертикальных сдвижений строятся аналогично изложенному выше, однако, при этом производятся дополнительные расчеты.

а) Если подработка полная, т. е. ось ствола после пересечения с изолинией 1,00 (точка *С* на рис. 47) пересекает очистную выработку (точка *Д* на рис. 47), то в этом интервале (вдоль оси ствола) принимается изменение η прямо пропорциональным расстоянию до пласта от величины η_0, определяемой по Правилам охраны, до величины m.

б) Если подработка неполная и ось ствола после пересечения с изолинией 1,00 (точка 17 на рис. 48) пересекает линию, проведенную под углом полных сдвижений (точка 18), и далее пересекает очистную выработку (точка 19), то в интервалах (вдоль оси ствола) 17—18 и 18—19 увеличение η принимается прямо пропорциональным расстоянию до пласта. Величина η изменяется от величины η_m при неполной подработке вкрест простирания до величины η_0 при полной подработке в интервале 17—18 и от величины η_0 при полной подработке до величины m в интервале 18—19. Горизонтальные сдвижения ξ рассчитываются по формуле (73). Полученные таким образом искривления оси ствола показаны на рис. 47 и 48 кривыми *2*.

П.3.33. Во втором случае (п. П.3.31) искривления ствола рассчитываются следующим образом:

1) по оси ствола строится разрез по простиранию, на котором показываются границы целика по пласту;

2) в зависимости от положения ствола относительно границ целика по простиранию по методике, изложенной в пп. П.3.16 и П.3.17, определяются вертикальные сдвижения в точках по оси ствола, попадающей в зону опорного давления по простиранию. Если на ствол оказывают влияние зоны опорного давления с обеих границ целика по простиранию, то величины вертикальных сдвижений по оси ствола, определенные от влияния каждой из зон опорного давления, суммируются;

3) по определенным на разрезе по простиранию величинам вертикальных сдвижений в точках оси ствола по формуле (73) рассчитываются горизонтальные сдвижения;

4) рассчитанные горизонтальные сдвижения в точках оси ствола откладываются на разрезе вкрест простирания в масштабе в сторону восстания пласта;

5) выше зоны опорного давления горизонтальные сдвижения принимаются постоянными и равными значению горизонтального

сдвижения, определенного в точке пересечения оси ствола с верхней границей зоны опорного давления (кривые *3* на рис. 47 и 48).

П.3.34. Искривления ствола для свиты пластов определяют путем алгебраического суммирования искривлений, рассчитанных от каждой из влияющих на ствол выработок.

Примеры расчета сдвижений и деформаций

Пример 1. Расчет ожидаемых искривлений ствола

В Карагандинском бассейне вертикальный шахтный ствол охраняется предохранительным целиком. Предполагается лавой длиной 120 м между горизонтами 290 и 320 м отработать часть целика, равную 80 м (рис. 49). Верхняя часть шахтного поля отработана до выхода пласта под наносы. Глубина залегания пласта k_{18} по оси ствола составляет $H=350$ м, угол падения пласта $\alpha=15°$, мощность $m=1{,}85$ м, мощность наносов 30 м.

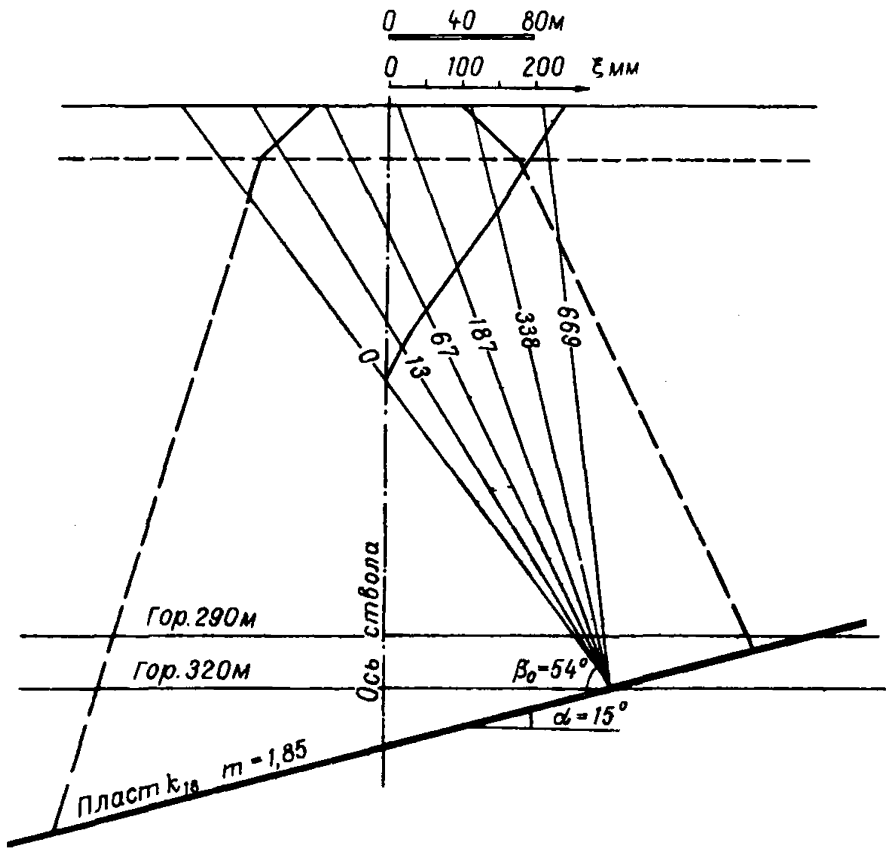


Рис. 49. Схема к расчету искривлении ствола (пример 1)

Требуется рассчитать ожидаемые искривления ствола от очистной выработки, проектируемой в предохранительном целике.

Решение

Расчет сдвижений и деформаций земной поверхности производим по рекомендациям Изменений и дополнений (изд. МУП СССР, 1969) к «Правилам охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок в Карагандинском угольном бассейне» (изд. ВНИМИ, Л., 1958), а расчет искривлений ствола согласно пп. П.3.25—П.3.34.

Углы сдвижения, граничные углы в неподработанной ранее толще и углы полных сдвижений выбираем из Дополнений к Правилам охраны для Карагандинского бассейна:

$$\beta=64°;\quad \beta_0=60°-0{,}4\,\alpha=54°;\quad \gamma=73°;\quad \gamma_0=60°;$$
$$\delta=73°;\quad \delta_0=60°;$$
$$\psi_1=48°;\quad \psi_2=64°;\quad \psi_3=55°.$$

Расчет максимального оседания земной поверхности производим по формуле (4) Дополнений к Правилам охраны.

$$\eta_m=\frac{m\cos\alpha}{1+\frac{a}{n_1}}\sqrt{n_2}=\frac{1{,}85\cdot 0{,}96}{1+\frac{0{,}335}{1}}\sqrt{1}=1338\text{ мм}.$$

Величины оседаний в каждой точке главного сечения мульды сдвижения η_x, вычисленные по формуле $\eta_x=\eta_m S(z)$, сведены в табл. 37.

Таблица 37

z=x/L	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
S(z)	1,00	0,99	0,95	0,86	0,71	0,50	0,29	0,14	0,05	0,01	0
$\eta(x)$	1338	1325	1271	1151	950	669	338	187	67	13	0

Горизонтальные сдвижения в точке пересечения оси ствола с земной поверхностью z=0,8 и с изолиниями вертикальных сдвижений z=0,9 рассчитываем по формуле (73)

$$\xi=\eta\operatorname{tg}\alpha-0{,}15\eta_m S'(z),$$

где $S'(z)$ определяем по Правилам охраны.

$$\xi_1=175\cdot 0{,}27-0{,}15\cdot 1338\ (-1{,}0)=248\text{ мм};$$

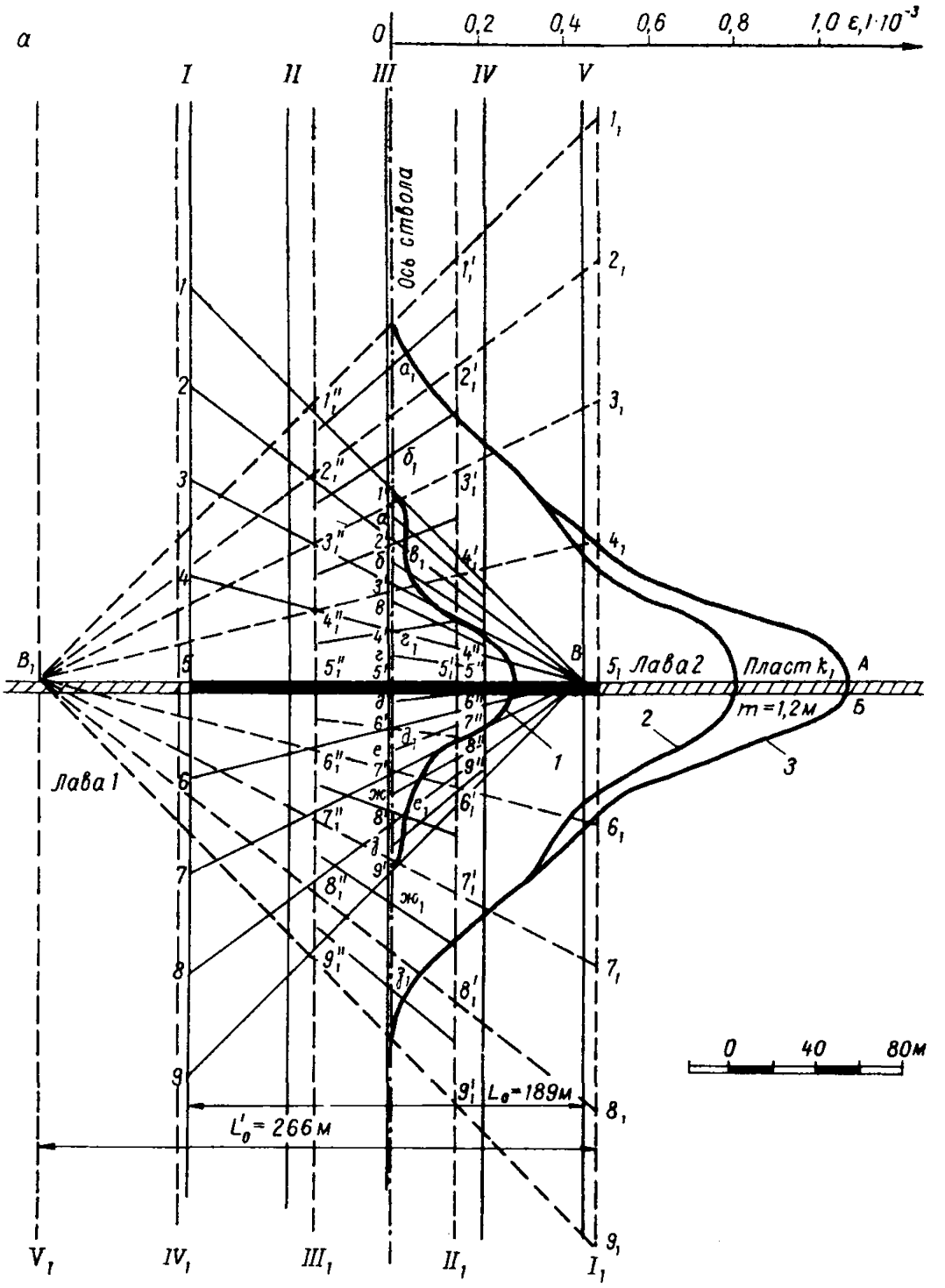


Рис. 50. Схема к расчету сдвижений и деформаций в зоне опорного давления (пример 2):

а — деформаций в толще; *б* — сдвижений на поверхности

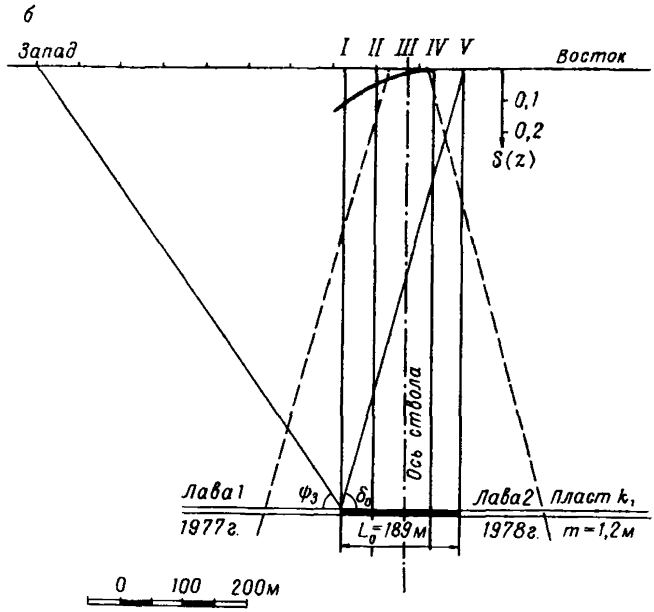


Рис. 50. Продолжение

$$\xi_2 = 67 \cdot 0{,}27 - 0{,}15 \cdot 1338\ (-0{,}56) = 130 \text{ мм};$$

$$\xi_3 = 13 \cdot 0{,}27 - 0{,}15 \cdot 1338\ (-0{,}19) = 42 \text{ мм}.$$

Значения горизонтальных сдвижений откладываем в точках пересечения оси ствола с земной поверхностью и с изолиниями вертикальных сдвижений, и получаем график искривления ствола (см. рис. 49).

Рассчитанные ожидаемые величины сдвижений при использовании их в качестве исходных данных для разработки мер охраны должны быть умножены на коэффициенты перегрузки (см. табл. 35).

Пример 2. Расчет деформаций в зоне опорного давления при сокращении околоствольного целика с двух сторон по простиранию

В условиях Донецкого бассейна вертикальный шахтный ствол охраняется предохранительным целиком. Ствол на глубине 700 м пересекает горизонтально залегающий пласт k_1 мощностью $m = 1{,}2$ м.

Предохранительный целик планируется частично отработать с востока и запада (лавы 2 и 1). За границами лав 1 и 2 пласт отработан (рис. 50).

Средний предел прочности на одноосное сжатие толщи горных пород в пределах зоны выше и ниже пласта k_1 на 200 м составляет 700 кгс/см^2, предел прочности угля 250 кгс/см^2.

Требуется рассчитать деформации сжатия ствола в зоне опорного давления.

Решение

Деформации в зоне опорного давления рассчитываем согласно пп. П.3.16—П.3.19, а оседания земной поверхности от каждой из противолежащих выработок — согласно «Правилам охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок в Донецком угольном бассейне» (изд. МУП СССР, 1972) с учетом п. П.3.11.

Максимальное оседание земной поверхности η_0 определяем по формуле (65) $\eta_0 = q_0 m = 0{,}75 \cdot 1{,}2 = 900$ мм.

Граничные углы, необходимые для построения, составят $\delta_0 = 75°$, $\phi_3 = 55°$.

Для построения зоны опорного давления от границы выработки (лавы 1) в сторону целика откладываем отрезок 5—B, равный $L_0 = H \operatorname{ctg} \delta_0 = 700 \cdot 0{,}27 = 189$ м, делим его на четыре одинаковые части (рис. 50, *а*). Через точки деления проводим вертикальные линии I, II, III, IV, V. На линии, проходящей через границу выработки (точка 5), в сторону кровли и почвы пласта откладываем отрезки $L_0 = 189$ м (точки 1 и 9) и делим каждый на четыре равные части. Соединив точки деления с точкой B прямыми, получим узловые точки пересечения вертикальных (I, II, III, IV, V) и наклонных (1—B, ..., 9—B) линий.

Таблица 38

Коэффициент S(z) при сечениях					
наклонном	вертикальном		наклонном	вертикальном	
	IV	III		III_1	II_1
Лава 1			Лава 2		
Земная поверхность	0,010	0,020	Земная поверхность	0,060	0,145
1–B	0,013	0,027	1_1–B_1	0,080	0,193
2–B	0,013	0,026	2_1–B_1	0,079	0,190
3–B	0,012	0,024	3_1–B_1	0,072	0,174
4–B	0,010	0,021	4_1–B_1	0,061	0,141
5–B	0,007	0,013	5_1–B_1	0,040	0,097
6–B	0,003	0,006	6_1–B_1	0,019	0,047
7–B	0,001	0,002	7_1–B_1	0,008	0,019
8–B	0	0,001	8_1–B_1	0,001	0,003
9–B	0	0	9_1–B_1	0	0

Из табл. 1.4 Правил охраны выбираем значения $S(z)$ для поверхности и строим на разрезе по простиранию кривую функции $S(z)$ (рис. 50, *б*). Значения коэффициентов $S(z)_1 = a$, $S(z)_2 = b$, $S(z)_3 = c$, $S(z)_4 = d$ определяем графически в соответствующих точках земной поверхности I, II, III, IV, V.

Коэффициенты $S(z)$ в узловых точках зоны опорного давления, определенные согласно табл. 36, приведены в табл. 38.

Оседания η от влияния лавы 1 в узловых точках, ближайших к оси ствола ($1'$, ..., $9'$ и $1''$, ..., $9''$), вычисляем по формуле (64), значение $S(z)$ берем из табл. 38. Величины η приведены в табл. 39. Вертикальные деформации однородной толщи пород в зоне опорного давления для середины интервалов между узловыми точками нормальных сечений, ближайших к оси ствола (II и III), определяем по формуле (67). Они приведены в табл. 39.

Таблица 39

Лава 1			Лава 2		
Номер узловой точки	η, мм	$\varepsilon_z \cdot 1 \cdot 10^{-3}$	Номер узловой точки	η, мм	$\varepsilon_z \cdot 1 \cdot 10^{-3}$
В сечении III, l=24 м			В сечении II_1, l=50 м		
1	24	−0,04	1_1	173,7	−0,05
2	23	−0,04	2_1	171,0	−0,29
3	22	−0,12	3_1	156,6	−0,49
4	19	−0,29	4_1	132,3	−0,90
5	12	−0,29	5_1	87,3	−0,90
6	5	−0,12	6_1	42,3	−0,50
7	2	−0,04	7_1	17,1	−0,29
8	1	−0,04	8_1	2,7	−0,05
9	0		9_1	0	
В сечении IV, l=12 м			В сечении III_1, l=32 м		
$1''$	12	0	$1_1''$	72,0	−0,03
$2''$	12	−0,08	$2_1''$	71,1	−0,20
$3''$	11	−0,17	$3_1''$	64,8	−0,31
$4''$	9	−0,25	$4_1''$	54,9	−0,59
$5''$	6	−0,25	$5_1''$	36,0	−0,59
$6''$	3	−0,17	$6_1''$	17,1	−0,31
$7''$	1	−0,08	$7_1''$	7,2	−0,20
$8''$	0	0	$8_1''$	0,9	−0,03
$9''$	0		$9_1''$	0	

Вертикальные деформации точек по оси ствола (от влияния лавы 1) согласно п. П.3.18 определяем интерполированием (табл. 40). Расчет деформаций во второй зоне опорного давления (лава 2) выполнен аналогично расчету при отработке лавой 1 (приведен в табл. 40), но при этом угол полных сдвижений и граничный угол определены по формулам (58) и (59)

Таблица 40

Лавы	Вертикальные деформации ε_z, $1 \cdot 10^{-3}$ в точках ствола							
1	а −0,04	б −0,04	в −0,12	г −0,29	д −0,29	е −0,12	ж −0,04	з −0,04
2	$а_1$ −0,04	$б_1$ −0,26	$в_1$ −0,42	$г_1$ −0,78	$д_1$ −0,78	$е_1$ −0,43	$ж_1$ −0,26	$з_1$ −0,04

$$\delta_0' = \delta_0 - (\delta_0 - \varphi_3)\left(1 - \frac{l}{l_0}\right)^2 = 75 - (75 - 55)\left(1 - \frac{185}{378}\right)^2 = 69°;$$

$$\varphi_3' = \varphi_3 + (\delta_0 - \varphi_3)\left(1 - \frac{l}{l_0}\right)^2 = 55 + (75 - 55)\left(1 - \frac{185}{378}\right)^2 = 61°,$$

где $l_0 = 2H \operatorname{ctg} \delta_0 = 2 \cdot 700 \cdot 0{,}27 = 378$ м.

Величины вертикальных деформаций от лав 1 и 2 откладываем в точках оси ствола и получаем кривые *1* и *2* (см. рис. 50). Суммарные деформации от влияния двух лав, отрабатываемых с востока и запада целика, показаны кривой *3*.

Учитывая различные пределы прочности на сжатие толщи пород и угля, определяем приведенные значения деформаций сжатия согласно п. П.3.19 по формуле $\varepsilon_{z\,прив.} = \varepsilon_z \sigma_{ср} / \sigma_i$, в которой

$$\sigma_{ср} = \frac{H_0}{\frac{h_п}{\sigma_п} + \frac{h_у}{\sigma_у}} = \frac{344}{\frac{342}{700} + \frac{2}{250}} = 688 \text{ кгс/см}^2,$$

где $h_п$ — суммарная мощность толщи горных пород в пределах зоны опорного давления; $h_у$ — мощность угля в зоне опорного давления; $H_0 = h_п + h_у$.

Приведенные вертикальные деформации составляют:

— для толщи пород

$$\varepsilon_{z_п\,прив} = \varepsilon_z \frac{688}{700} = \varepsilon_z \cdot 0{,}98,$$

— для угля

$$\varepsilon_{z_п\,прив} = \varepsilon_z \frac{688}{250} = \varepsilon_z \cdot 2{,}76,$$

где ε_z — суммарные вертикальные деформации от влияния двух лав (кривая *3* на рис. 50, *а*) на определяемом интервале зоны опорного давления; $H_0 = h_п + h_у$

Например, для интервала *А—Б*, включающего угольный пласт k_1, значение приведенных вертикальных деформаций составит

$$\varepsilon_{z_{прив}} = 1{,}05 \cdot 10^{-3} \cdot 2{,}76 = 2{,}9 \cdot 10^{-3}.$$

После умножения полученных таким образом деформаций на коэффициенты перегрузки (см. табл. 35) получим расчетные величины ε_z, которые и используются в качестве исходных данных для разработки мер по предотвращению нарушений стволов и т. д.

Пример 3. Расчет ожидаемых вертикальных деформаций вдоль оси ствола, вызываемых проектируемыми в целике выработками, по упрощенной методике при сокращении целика с одной стороны по простиранию

В условиях Донецкого бассейна вертикальный шахтный ствол охраняется предохранительным целиком. На глубине 350 м по оси ствола горизонтально залегает пласт l_1 мощностью 1,5 м. Залегание пласта выдержанное, нарушения отсутствуют.

С западной стороны по простиранию планируется частичная выемка предохранительного целика лавой 1, за пределами которой пласт отработан (рис. 51).

Требуется рассчитать ожидаемые вертикальные деформации вдоль оси ствола в условиях разработки одного пласта при одностороннем оконтуривании целика.

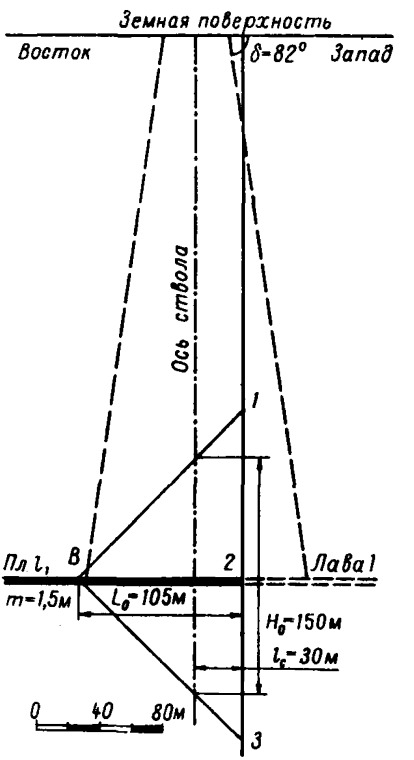


Рис. 51. Схема расчета деформаций ствола к примеру 3

Решение

Расчет производим согласно п. П.3.14. Все необходимые построения показаны на рис. 51.

Оседание точки земной поверхности (устья ствола) определяем по формуле (61)

$$\eta_ц = 2\eta_m\left(0{,}3 - \frac{l_c}{H}\right)^2 =$$

$$= 2 \cdot 1200\left(0{,}3 - \frac{30}{350}\right)^2 = 116 \text{ мм},$$

где $l_c = 30$ м — расстояние от оси ствола до границы горных работ (см. рис. 51); H — глубина горных работ; η_m — максимальное оседание земной поверхности над лавой 1, граничащей с околоствольным целиком, которое определяем по Правилам охраны для Донецкого бассейна (с учетом п. П.3.11):

$$\eta_m = q_0 m \cos\alpha \sqrt{t_1 t_2} = 0{,}8 \cdot 1{,}5 \cdot 1 \cdot 1 = 1200 \text{ мм}.$$

Далее вычисляем величину среднего сжатия массива в вертикальном направлении вдоль оси ствола по формуле (72)

$$\varepsilon_{z_c} = \eta_ц / H_0 = 116 \text{ мм} / 150 \text{ м} = 0{,}77 \cdot 10^{-3},$$

где H_0 — общая высота (над и под пластом) зоны опорного давления (сжатия).

Для определения H_0 на вертикальном разрезе (см. рис. 51) от границы выработки в сторону целика и на вертикальной линии, проходящей через границу выработки (точка 2) в сторону кровли и почвы пласта, откладываем отрезки равные $L_0 = H \cdot \operatorname{ctg}\delta_0 = 105$ м, соответствующие размеру зоны опорного давления в плоскости пласта по простиранию.

Затем, соединяя точки 1 и 3 с точкой B, получаем по оси ствола общую высоту зоны опорного давления $H_0 = 150$ м.

Величину максимального сжатия массива в вертикальном направлении на горизонте разрабатываемого пласта определяем согласно п. П.3.24

$$\varepsilon_{z\,макс} = 3\varepsilon_{z_c} = 2{,}31 \cdot 10^{-3}.$$

Пример 4. Расчет ожидаемых вертикальных деформаций вдоль оси ствола, вызываемых проектируемыми в целике выработками, по упрощенной методике при сокращении целика по простиранию с двух сторон

В условиях Донецкого бассейна вертикальный шахтный ствол охраняется предохранительным целиком. На глубине 300 м по оси ствола горизонтально залегает пласт l_2 мощностью 1,5 м. Залегание пласта выдержанное, нарушения отсутствуют.

Предохранительный целик планируется частично отработать с востока и запада (лавы 1 и 2), причем ствол будет находиться на одинаковом расстоянии от обеих лав. За границами лав 1 и 2 пласт отработан (рис. 52).

Требуется рассчитать ожидаемые вертикальные деформации вдоль оси ствола в условиях разработки одного пласта при двухстороннем оконтуривании целика.

Решение

Расчет производим согласно п. П.3.15.

Все необходимые построения показаны на рис. 52.

Оседание точки земной поверхности (устья ствола) определяем по формуле (62):

$$\eta_ц = \eta_m\left(1-1{,}2\frac{l}{H}\right)^2 = 1200\left(1-1{,}2\frac{80}{300}\right)^2 = 554 \text{ мм},$$

где $l=80$ м — размер околоствольного целика по простиранию; $H=300$ м — глубина горных работ; η_m — максимальное оседание земной поверхности над горными работами, граничащими с околоствольным целиком; η_m определяем по Правилам охраны для Донецкого бассейна (с учетом п. П.3.11):

$$\eta_m = q_0 m \cdot \cos\alpha\sqrt{t_1 \cdot t_2} =$$

$$= 0{,}8 \cdot 1{,}5 \cdot 1 \cdot 1 = 1200 \text{ мм}.$$

Величину среднего сжатия массива в вертикальном направлении по оси определяем по формуле(72)

$$\varepsilon_{z_c} = \eta_ц / H_0 = 554 \text{ мм}/100 \text{ м} =$$

$$= 5{,}5 \cdot 10^{-3},$$

в которой величину $H_0=100$ м находим из построений (см. рис. 52), аналогичных построениям при одностороннем оконтуривании (пример 3).

Величину максимального сжатия массива в вертикальном направлении на горизонте разрабатываемого пласта определяем согласно п. П.3.24

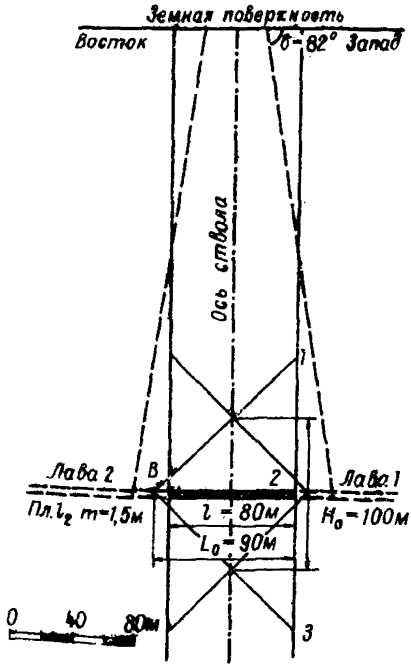


Рис. 52. Схема расчета деформаций ствола к примеру 4

$$\varepsilon_{z\ макс} = 3\varepsilon_{z_c} = 16{,}5 \cdot 10^{-3}.$$

Приложение 4

ПРИМЕРЫ ВЫБОРА И РАСЧЕТА КРЕПИ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ

Пример 1. Выбор типа крепи и определение ее параметров для вертикального шахтного ствола

Глубина ствола — 1130 м, диаметр в свету — 8 м. Ствол главный, охраняется целиками по Правилам охраны. На поверхности вблизи ствола находятся фундаменты под укосину копра и здание подъемной машины (рис. 53). Расчетная нагрузка на фундаменты укосины $Q_1=Q_3=105$ тс, на фундамент под зданием подъемных машин $Q_2=740$ тс.

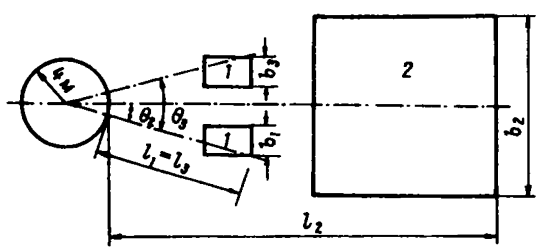


Рис. 53. Схема к расчету пригрузок от поверхностных сооружений:

1 — фундаменты под укосины копра; 2 — здание подъемной машины

Расстояние от ствола до наиболее удаленной точки фундаментов укосины $l_1=l_3=15$ м.

Расстояние от ствола до наиболее удаленной точки здания подъемных машин $l_2=38{,}4$ м, а до ближайшей — 18 м, что меньше $5r_0$. Поэтому пригрузка от здания и копра учитывается в расчете.

Наибольший тангенциальный размер фундаментов укосин и здания подъемных машин $b_1=b_3=2{,}6$ м; $b_2=18$ м.

Углы пересечения радиусов — векторов центров тяжести загруженных площадей равны: $\Theta_2=15°$; $\Theta_3=30°$.

На глубине 1100 м ствол сопряжен с околоствольными выработками.

Ствол пересекает пологозалегающую (15°) слаботрещиноватую толщу пород со следующими характеристиками:

— Наносы, покрывающие толщу коренных пород, мощностью 10 м имеют наименьший угол внутреннего трения $\rho = 16°$, средневзвешенный объемный вес $\gamma = 2{,}3$ тс/м^3.

— До глубины 300 м ствол пересекает толщу умеренно ослабленных пород типа аргиллитов, прочность которых отличается в пределах ±15%, прочность слабого слоя $R_c = 340$ кгс/см^2.

— С глубины 300 м ствол пересекает угольный пласт $m = 0{,}8$ м ($R_c = 270$ кгс/см^2) и слоистую толщу пород, состоящую преимущественно из песчанистого сланца общей мощностью 260 м. Прочность наиболее слабого слоя $R_c = 600$ кгс/см^2.

— В пределах глубин 560—850 м ствол пересекает мощную пачку разнозернистого песчаника, колебание прочности в пределах 10—15%, минимальная прочность $R_c = 1000$ кгс/см^2. На глубине 650 и 730 м ствол встречает водоносные горизонты с естественным напором $H_{e_1} = 309$ м и $H_{e_2} = 657{,}7$ м. Коэффициент пьезопроводности $a = 10$ м^2/сут. Коэффициенты фильтрации $k_{ф_1}^{пор} = 42 \cdot 10^{-5}$ м/сут, $k_{ф_2}^{пор} = 16{,}56 \cdot 10^{-4}$ м/сут.

На глубине 650 м породы предполагается затампонировать, радиус предварительно затампонированной зоны $r_ц = 8{,}5$ м. Коэффициент фильтрации пород после цементации $k_ф^ц = 6 \cdot 10^{-3}$ м/сут.

— Ниже 850 м ствол пересекает толщу пород следующего состава:

	Мощность, м	Прочность R_c, кгс/см^2
Глинистого сланца	50	310
Песчанистого сланца	100	380
Известняка	180	960

Решение

Расчеты ожидаемых деформаций не производятся, так как проектируемый ствол в периоды проходки и эксплуатации будет находиться в условиях поддержания в недеформирующемся массиве (согласно анализу геологической и гидрогеологической характеристики толщи пород, пересекаемых стволом, и принятому, в соответствии с пп. 3.9 и 3.10, способу охраны ствола).

Крепь устья рассчитывается на действие вертикальных нагрузок с последующей проверкой на влияние горизонтальных нагрузок. Расчетная вертикальная нагрузка, действующая на крепь устья, может быть определена по формуле (1) работы Е. П. Калмыкова*:

$$\rho = n \Sigma \rho + Q_y,$$

* Калмыков Е. П. Сооружение устьев вертикальных стволов. М., Госгортехиздат, 1960.

где n — коэффициент перегрузки, равный 1,2—1,4; Σp — сумма вертикальных давлений, передаваемых опорами горнотехнических сооружений на крепь устья, тс; Q_y — собственный вес крепи устья, тс.

Горизонтальная расчетная нагрузка на крепь устья ствола определяется по формуле (5) настоящих Указаний:

$$p=1{,}1\cdot 2\left\{2{,}3\cdot 4\,\frac{\operatorname{tg}37^\circ}{0{,}7617-1}\left[1-\left(\frac{4}{4+10\cdot 0{,}754}\right)^{-0{,}24}\right]+p_{\text{пов. макс}}\right\}+p_r;$$

$$\varphi=2\operatorname{tg}16^\circ\operatorname{tg}53^\circ=0{,}7617;$$

$$p_r=0.$$

Максимальную поверхностную пригрузку находим по формуле (6) как сумму пригрузок от каждой поверхностной пригрузки.

$$p_1=p_3=\frac{2\cdot(4+15)\cdot 105}{2{,}65\cdot 15\cdot(2\cdot 4+15)}\left[\frac{4}{4+10\operatorname{tg}37^\circ}\right]^{0{,}76}\times$$

$$\times\operatorname{tg}^2 37^\circ=1{,}12\ \text{тс/м}^2;$$

при $H=0$; $p_1=p_3=2{,}51$ тс/м^2;

$$p_2=\frac{2(4+38{,}4)\cdot 740}{18\cdot 38{,}4\,(2\cdot 4+3{,}84)}\left[\frac{4}{4+10\operatorname{tg}37^\circ}\right]^{0{,}76}\times$$

$$\times\operatorname{tg}^2 37^\circ=0{,}5\ \text{тс/м}^2;$$

при $H=0$; $p_2=1{,}12$ тс/м^2.

Угол, соответствующий направлению действия $p_{\text{пов. макс}}$, находим по формуле (8) настоящих Указаний:

$$\theta=0{,}5\operatorname{arctg}\frac{p_2\sin 30^\circ+p_3\sin 60^\circ}{p_1+p_2\cos 30^\circ+p_3\cos 60^\circ}=15^\circ,$$

а наибольшую суммарную пригрузку определяем по формуле (7):

$$p_{\text{пов. макс}}=p_1\cos^2 15^\circ+p_2\cos^2(15^\circ-15^\circ)+$$

$$+p_3\cos^2(15^\circ-30^\circ).$$

Поэтому на поверхности при $p_{\text{пов. макс}}=5{,}8$ тс/м^2 получаем по формуле (5) $p=12{,}76$ тс/м^2, а на глубине 10 м при $p_{\text{пов. макс}}=2{,}63$ тс/м^2, получаем $p=10{,}9$ тс/м^2.

Толщину крепи рассчитывает по формуле (13) настоящих Указаний:

— для бетона М200 на участке у поверхности:

$$\delta_к = 1{,}25 \cdot 4 \left(\sqrt{\frac{0{,}85 \cdot 0{,}75 \cdot 900}{0{,}85 \cdot 0{,}75 \cdot 900 - 2 \cdot 12{,}76}} - 1 \right) = 0{,}115 \text{ м};$$

— для участка на глубине 10 м:

$$\delta_к = 1{,}25 \cdot 4 \left(\sqrt{\frac{0{,}85 \cdot 0{,}75 \cdot 900}{0{,}85 \cdot 0{,}75 \cdot 900 - 2 \cdot 10{,}9}} - 1 \right) = 0{,}1 \text{ м}.$$

Окончательную толщину крепи устья ствола принимаем по расчету на вертикальную нагрузку, если она максимальная, либо по конструктивным соображениям, но не менее расчетной. Далее переходим к оценке устойчивости обнажения пород в стволе и к определению расчетных нагрузок на крепь.

По номограмме (см. рис. 1) определяем состояние, в котором находится обнажение пород в стволе до глубины 300 м.

Так как прочность пород в толще отличается на 15%, то их считаем однородными (п. 3.17) и объединяем в один участок. Расчетную прочность этого участка принимаем по минимальному значению прочности пород, слагающих толщу:

$$R_c^p = 340 \cdot 0{,}8 = 272 \text{ кгс/см}^2;$$

$f_0 = 0{,}8$, так как массив слабо- или малотрещиноватый (табл. 4 п. 3.17 настоящих Указаний).

Породы в обнажении находятся в устойчивом состоянии, согласно п. 3.26 на этом участке крепь служит предохранительной оболочкой. В данном случае может быть применена набрызг-бетонная крепь толщиной не менее 80 мм.

В районе пересечения стволом угольного пласта породы в обнажении будут в состоянии средней устойчивости, и поэтому согласно п. 3.28 выбираем для крепления набрызг-бетонную крепь, толщину которой рассчитываем по формуле (13) настоящих Указаний.

Расчетную максимальную нагрузку определяем по формуле (10):

$$p_п = 1{,}25 \cdot 0{,}5 \cdot 2{,}5 \cdot 6[1 + 0{,}1(4 - 3)] = 10{,}3 \text{ тс/м}^2,$$

$p^н$ — определяем по номограмме (см. рис. 1) для расчетной прочности $R_c^p = 270 \cdot 0{,}8 = 216$ кгс/см^2; $p^н = 6$ тс/м^2. Толщина крепи будет:

$$\delta_к = 1{,}1 \cdot 4 \left(\sqrt{\frac{900 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}85}{900 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}85 - 20{,}6}} - 1 \right) - 0{,}05 = 0{,}02 \text{ м}.$$

В районе угольного пласта принимаем крепь из набрызг-бетона толщиной 80 мм (минимально допускаемая толщина по п. 3.26).

Далее в песчанистом сланце обнажение находится в устойчивом состоянии ($R_c^p = 600 \cdot 0{,}8 = 480$ кгс/см^2), и согласно п. 3.26 принимаем набрызг-бетонную крепь той же толщины, что и в районе угольного пласта для сохранения постоянного сечения ствола.

В пределах глубин 560—650 м породы в обнажении находятся в устойчивом состоянии (см. рис. 1; $R_c^p = 1000 \cdot 0{,}8 = 800$ кгс/см^2), и согласно п. 3.26 можно было бы выбрать набрызг-бетонную крепь. Однако, если учесть, что ниже следует водоносный горизонт, где необходимо будет применять монолитную бетонную крепь, то для облегчения технологии возведения крепи и сохранения постоянного сечения ствола в проходке принимаем крепь из монолитного бетона М200 толщиной 250 мм.

С глубины 650 м ствол пересекает водоносный горизонт, расчетная нагрузка от давления пород определяется по формуле (9).

Время от начала дренирования до введения крепи в работу t=11 сут.

Величина остаточного напора за крепью рассчитывается по формуле (12):

$$p_г = \frac{H_e \gamma_в}{A(Б+1)+1};$$

$$A = \frac{k_ф^{кр}}{k_ф^{ц}} \left(\frac{\lg \frac{r_ц}{r_1}}{\lg \frac{r_1}{r_0}} \right) = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 10^{-3}} \left(\frac{\lg \frac{8{,}5}{4{,}25}}{\lg \frac{4{,}25}{4}} \right) = 1{,}9;$$

$$Б = \frac{k_ф^{ц}}{k_ф^{пор}} \left(\frac{\lg \frac{R_{(t)}}{r_ц}}{\lg \frac{r_ц}{r_1}} \right) = \frac{6 \cdot 10^{-3}}{42 \cdot 10^{-5}} \left(\frac{\lg \frac{500}{8{,}5}}{\lg \frac{8{,}5}{4{,}25}} \right) = 84{,}11;$$

$$R_{(t)} = 1{,}5\sqrt{at} = 1{,}5\sqrt{11 \cdot 10^4} = 500 \text{ м};$$

$$p_г = \frac{309 \cdot 1}{1{,}9(84{,}11+1)+1} = 1{,}9 \text{ тс/м}^2.$$

Так как $\rho^н > \rho_г$ (по номограмме $\rho^н$ при $R_c^p = 800$ кгс/см^2 и $H = 650$ м равно 6,5 тс/м^2), то расчет повторяется для t=71 сут, т. е. на 2 месяца позже введения крепи в работу (п. 3.23):

$$R_{(t)} = 1{,}5\sqrt{71 \cdot 10^4} = 1264 \text{ м};$$

$$A = 1{,}9;\quad Б = \frac{6\cdot10^{-3}}{42\cdot10^{-5}}\left(\frac{\lg\frac{1264}{8{,}5}}{\lg\frac{8{,}5}{4{,}25}}\right) = 103;$$

$$p_г = \frac{309\cdot1}{1{,}9(103+1)+1} = 1{,}56\ тс/м^2.$$

По табл. 6 настоящих Указаний находим значение $n_н$ и поправочный коэффициент к нему:

$$n''_н = \frac{1+0{,}1(4-3)}{1+0{,}1(4-3)+\frac{1{,}56}{6{,}5}} = 0{,}47;\quad n_н = 2{,}5;$$

$$n'_н = 2{,}5\cdot0{,}47 = 1{,}175.$$

Расчетная нагрузка на крепь будет:

$$p = 1{,}5\cdot0{,}67\cdot1{,}175\cdot6{,}5\cdot1{,}1+1{,}56 = 10\ тс/м^2,$$

толщину крепи рассчитываем по формуле (13):

$$\delta_к = 1{,}25\cdot4\left(\sqrt{\frac{0{,}85\cdot0{,}85\cdot900}{0{,}85\cdot0{,}85\cdot900-20}}-1\right) = 0{,}08\ м.$$

Принимаем для крепи ствола до глубины 850 м монолитный бетон М200 толщиной 250 мм, лишь для горизонта 730 м выполняем поверочный расчет.

Величину гидростатической нагрузки рассчитываем по формуле (11):

$$p_г = \frac{H_e\,\gamma_в}{1+\frac{k_ф^{кр}}{k_ф^{пор}}\left(\frac{\lg\frac{R_{(t)}}{r_1}}{\lg\frac{r_1}{r_0}}\right)}.$$

Величина $R_{(t)}$=500 м (определялась выше).

$$p_г = \frac{657{,}7\cdot1}{1+\frac{1\cdot10^{-3}}{16{,}56\cdot10^{-4}}\left(\frac{\lg\frac{500}{4{,}25}}{\lg\frac{4{,}25}{4{,}00}}\right)} = 13{,}65\ тс/м^2.$$

Расчетную нагрузку на крепь определяем как сумму $\rho_п + \rho_г$. Нормативная нагрузка по номограмме для глубины 730 м составит 6,8 тс/м^2, поправочный коэффициент $n''_н = 0{,}5122$; $n'_н = 2{,}5 \cdot 0{,}5122 = 1{,}28$; $\rho_ц = 1{,}5 \cdot 0{,}67 \cdot 6{,}8 \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}28 = 9{,}62$ тс/м^2; $\rho = 9{,}62 + 13{,}65 = 23{,}27$ тс/м^2.

Тогда толщина крепи будет равна:

$$\delta_к = 1{,}25 \cdot 4\left(\sqrt{\frac{0{,}85 \cdot 0{,}85 \cdot 900}{0{,}85 \cdot 0{,}85 \cdot 900 - 46{,}54}} - 1\right) = 0{,}195 \text{м}.$$

Таким образом, принятая толщина крепи 250 мм оказалась выше расчетной, что создает запас прочности.

Обнажение глинистых сланцев, которые ствол пересекает на глубинах 850—900 м, будет находиться в неустойчивом состоянии, ($R^р_с = 248$ кгс/см^2), нормативная нагрузка (см. рис. 1) $\rho'' = 16{,}5$ тс/м^2. Из табл. 6 находим $n_н = 2{,}5$;

$$\rho = 1{,}5 \cdot 0{,}67 \cdot 2{,}5 \cdot 16{,}5 \cdot 1{,}1 = 45{,}6 \text{ тс/м}^2.$$

Тогда расчетная толщина крепи из бетона М200, определяемая по формуле (13), равна:

$$\delta_к = 1{,}25 \cdot 4\left(\sqrt{\frac{0{,}85 \cdot 0{,}85 \cdot 900}{0{,}85 \cdot 0{,}85 \cdot 900 - 91{,}2}} - 1\right) = 0{,}385 \text{м}.$$

Чтобы сохранить постоянным сечение ствола в проходке, для крепи выбираем более прочный материал, например, бетон М300, тогда расчетная толщина крепи будет:

$$\delta_к = 1{,}25 \cdot 4\left(\sqrt{\frac{0{,}85 \cdot 0{,}85 \cdot 1350}{0{,}85 \cdot 0{,}85 \cdot 1350 - 91{,}2}} - 1\right) = 0{,}250 \text{м}.$$

Принимаем на участке 850—900 м крепь из монолитного бетона М300 толщиной 250 мм.

На глубине 900—1100 м ствол пересекает породы прочностью $R^р_с = 380$ кгс/см^2, расчетная прочность $R^р_с = 300 \cdot 0{,}8 = 304$ кгс/см^2.

По номограмме (см. рис. 1) обнажение пород в стволе на этом участке будет находиться в состоянии средней устойчивости, нормативная нагрузка ρ'' будет равна 7,2 тс/м^2.

Расчетная нагрузка по формуле (10) будет равна:

$$\rho_п = 1{,}5 \cdot 0{,}67 \cdot 2{,}5 \cdot 7{,}2 \cdot 1{,}1 = 19{,}9 \text{ тс/м}^2.$$

Толщина крепи из монолитного бетона М200 определяется по формуле (13):

$$\delta_к = 1{,}25 \cdot 4\left(\sqrt{\frac{0{,}85 \cdot 0{,}85 \cdot 900}{0{,}85\ 0{,}85 \cdot 900 - 39{,}8}} - 1\right) = 0{,}165 \text{м}.$$

Принимаем крепь из монолитного бетона М200 толщиной 250 мм. В районе сопряжения породы в обнажении будут находиться в состоянии средней устойчивости (R_c^p=768 кгс/см^2), нормативная нагрузка (см. рис. 1) $\rho^н$=9,5 тс/м^2.

Расчетная нагрузка будет равна:

$$\rho_п = 1{,}5 \cdot 0{,}67 \cdot 3 \cdot 9{,}5 \cdot 1{,}1 = 31{,}5 \text{ тс/м}^2.$$

Толщина крепи определяется по формуле (13):

$$\delta_к = 1{,}25 \cdot 4 \left(\sqrt{\frac{0{,}85 \cdot 0{,}75 \cdot 900}{0{,}85 \cdot 0{,}75 \cdot 900 - 2 \cdot 2 \cdot 31{,}5}} - 1 \right) = 0{,}655 \text{ м}.$$

Так как п. 3.29 не рекомендует принимать бетонную крепь толщиной выше 500 мм, для участка сопряжения вместо монолитного бетона М200 примем бетон более высокой проектной марки М400, тогда расчетная толщина будет равна:

$$\delta_к = 1{,}25 \cdot 4 \left(\sqrt{\frac{0{,}85 \cdot 0{,}75 \cdot 1750}{0{,}85 \cdot 0{,}75 \cdot 1750 - 126}} - 1 \right) = 0{,}305 \text{ м}.$$

Принимаем на сопряжении крепь из монолитного бетона М400 толщиною 350 мм.

Пример 2. Выбор параметров и мер защиты крепи при отработке и сокращении околоствольного предохранительного целика

Вентиляционный фланговый ствол диаметром 6 м, глубиною 355 м предполагается пройти в пределах шахтного поля в районе типа Донбасса для выдачи исходящей струи воздуха и подъема людей в аварийных случаях. Ствол оборудуется одноконцевым подъемом.

На промплощадке проектируются здания: для подъемной машины, надшахтное, для вентилятора, а также пожарный резервуар. Все сооружения кирпичные, фундаменты — железобетонные. Срок службы — более 20 лет.

Ствол пересекает рабочие пласты: на глубине 210 м — i_1 (m=1,2 м), отработан в 1965 г.; 300 м — i_2 (m=1,25 м); 350 м — i_3 (m=1 м). В 1985 г. планируется углубка ствола до пласта i_4 (m=1,5 м), залегающего на глубине 500 м. Угол падения — 0—5°. Мощность наносов — 20 м.

Толща пород представлена чередующимися слоями песчаника, песчанистых и глинистых сланцев с прочностью пород на одноосное сжатие 300—600 кгс/см^2. Породы неуплотняющиеся при водопонижении. Притоки воды — незначительные.

Способ управления кровлей, принятый на шахте, — полное обрушение. Выемка — механизированным комплексом. Длина лавы 150—200 м. Скорость подвигания очистного забоя — 30—40 м/мес.

Околоствольные выработки расположены на горизонте пласта i_3.

Ствол охраняется по всем пластам предохранительными целиками. Однако по окончании проходки ствола в 1977 г., т. е. в период его эксплуатации, предполагается отработать предохранительный целик по пласту i_2, при подходе фронта очистных работ к границам целика (рис. 54).

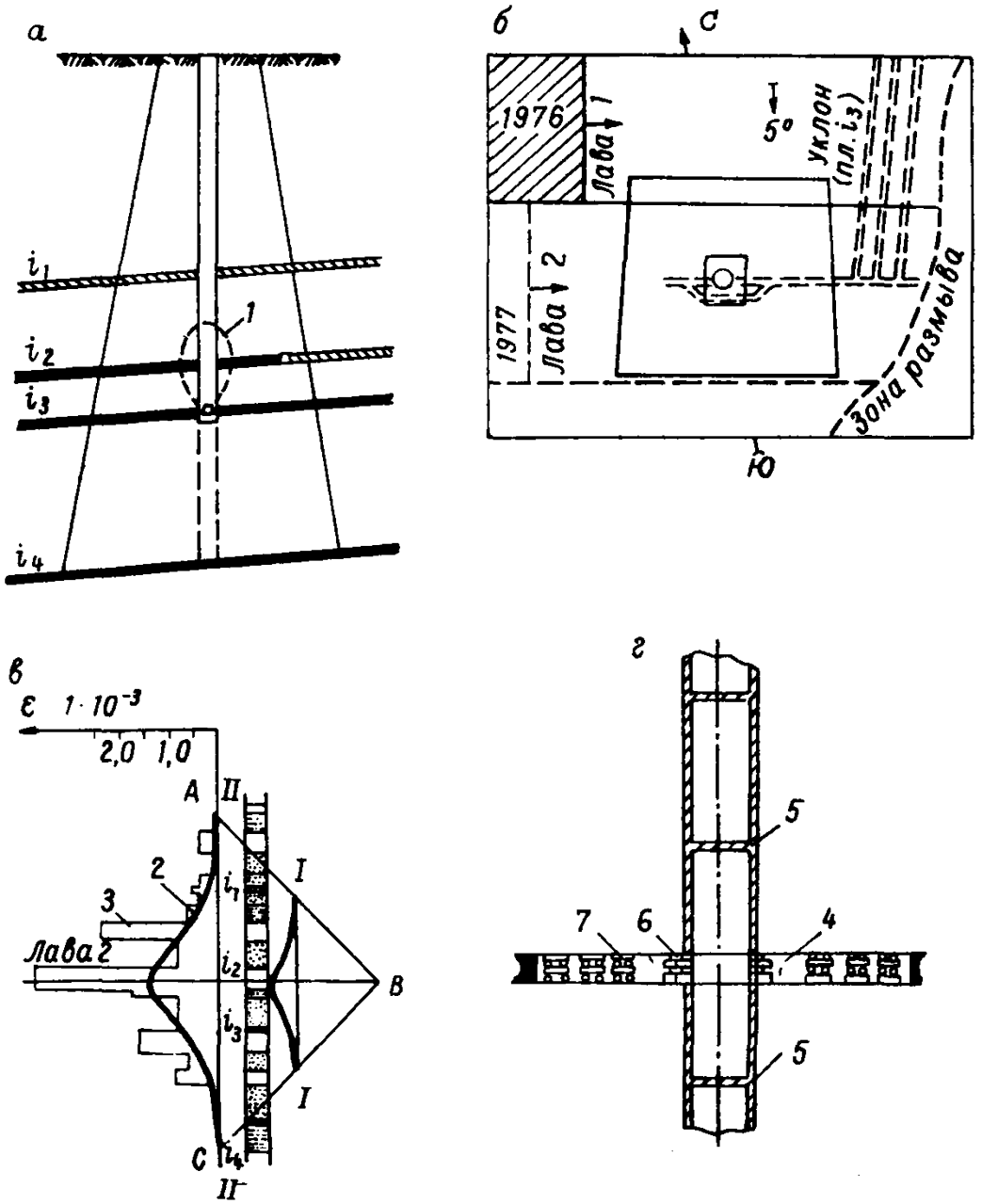


Рис. 54. Схема полной отработки околоствольного целика по пласту:

а — разрез по стволу; *б* — план горных работ по пласту i_2; *в* — расчет деформаций в зоне опорного давления (АВС); *г* — разгрузочная выработка (*4*) и осадочные швы (*5*); *1* — защитная зона; *2* — средние деформации сжатия; *3* — деформация по слоям; *6* — кладка из брусьев; *7* — костры

Решение

1. Проектирование ведется по наиболее опасному периоду поддержания, т. е. при выемке целика (п. 3.9 настоящих Указаний).

2. В соответствии с п. 3.11 следует определить деформации околоствольного массива для выделения класса условий поддержания и выбора мер защиты.

3. По мере отработки целика ствол оказывается в зоне опорного давления и затем в зоне полной подработки, поэтому расчет по приложению 3 производим для двух положений ствола.

В зоне опорного давления.

Средние относительные деформации сжатия по вертикальной линии I—I (см. рис. 54) в зоне опорного давления у очистного забоя, рассчитанные по полной методике приложения 3 (пп. П.3.16—П.3.19), приведены в табл. 41 и показаны на рис. 54 (кривая 2).

Таблица 41

$\frac{r}{L_к(L_п)}$	0	0,12	0,25	0,37	0,50	0,62	0,75	0,87	1
ε, $1\cdot10^{-3}$	1,67	1,67	1,52	1,38	0,98	0,58	0,43	0,27	0

r – расстояние от пласта в почву и кровлю, м; $L_к=L_п=L_о=90$ м – размер зоны опорного давления в кровле, почве и по пласту.

Деформации по каждому слою определяются по формуле (68) приложения 3:

$$\varepsilon_{z\,прив} = \varepsilon_z \frac{E_{ср}}{E_i},$$

где $\varepsilon_z = 3{,}6\cdot10^5$ кгс/см^2 — средний модуль деформаций массива в зоне опорного давления; E_i — модуль деформаций отдельного слоя.

Дифференцированные деформации по каждому слою получим в результате умножения их средних значений (табл. 41) на коэффициент $E_{ср}/E_i$, равный для пород типа: глинистых сланцев — 3,6; песчанистых сланцев — 1,2; песчаника — 0,7; угля — 36.

Деформации для однородных слоев пород показаны ступенчатой линией 3 на рис. 54, *в*. Деформации в зоне опорного давления нарастают постепенно (сечение II—II).

В районе пересечения стволом старых горных выработок пласта i_1 на расстоянии 6m в кровлю пласта и 2m в почву принимаются деформации сжатия, равные $2\cdot10^{-3}$.

В зоне полной подработки.

После пересечения фронтом очистных работ оси ствола он окажется в зоне расслоений и прогибов, характеризующейся в

начальной стадии деформациями растяжений, а в конце отработки целика в уплотняющемся массиве (п. П.3.2).

Вертикальные деформации растяжения уклонов и кривизны для наиболее опасного сечения, когда ствол проходит через точку перегиба кривой оседания земной поверхности, рассчитываются по приложению 3 (п. П.3.30). Значения деформаций растяжения для некоторых точек по глубине ствола приведены в табл. 42.

Таблица 42

Расстояние от поверхности H, м	80	150	195	220	235	275
ε_z, $1 \cdot 10^{-3}$	1,7	4,1	3,7	4,5	3,3	5,0

Значения радиусов кривизны, рассчитанные по методике приложения 3, не приводятся ввиду их малых значений.

4. Сравнивая ожидаемые деформации с допускаемыми (п. 3.15 настоящих Указаний), устанавливаем, что уже в зоне опорного давления деформации сжатия слоев пород превышают нормативные для бетонной крепи и армировки, а по пласту i_2 составляют более 50 мм/м, по пласту i_3 — более 20 мм/м. Деформации растяжения превышают допустимые практически по всей глубине ствола до пласта i_2.

Таким образом, ствол в соответствии с п. 3.11 следует по всей глубине (до пласта i_3) считать поддерживаемым в деформирующемся массиве.

5. При оценке степени устойчивости пород в стенках ствола следует сразу выделить несколько участков по глубине ствола, а именно: 0—20 м; 203—213 м; 275—303 м, которые в соответствии с п. 3.18 относятся к категории неустойчивых. В кровле отработанных пластов на расстояние 50m устойчивость пород определяется по приведенной глубине и расчетной прочности (п. 3.19). На других участках устойчивость пород определяется как в недеформирующемся массиве.

6. Нагрузки на крепь ствола на рассматриваемых участках, кроме примыкающего к отрабатываемому пласту i_2, на котором они не определяются, рассчитываются по приведенной прочности и фактической глубине по номограмме (см. рис. 1) и формуле (10).

7. Для деформирующегося массива принимается монолитная бетонная крепь. Толщина крепи рассчитывается по вычисленным нагрузкам (см. пример 1 настоящего приложения).

На участке разрабатываемого пласта (на расстоянии 25 м в кровле и 3 м в почве) крепь не рассчитывается, а принимается аналогичной выше расположенной (п. 3.30).

Толщина крепи не должна превышать 500 мм (п. 3.29).

8. На участках крепи, где ожидаемые деформации превышают допустимые, следует предусматривать конструктивную защиту крепи (п. 3.5).

Учитывая, что для жесткой крепи наиболее опасными являются деформации в зоне опорного давления (см. п. П.3.2), ствол в первую очередь конструктивно приспосабливается к деформациям сжатия, после чего рассматриваются другие деформации.

В конструктивной защите нуждается (см. табл. 41) участок ствола на глубине 245—355 м, а также участок 203—213 м у отработанного пласта i_1.

Для защиты крепи при значениях сжимающих деформаций до 15 мм/м (п. 3.37) применяют горизонтальные осадочные швы, заполненные деревянными прокладками.

9. Расчет осадочных швов производится в соответствии с п. 3.37.

Минимально допустимое расстояние между осадочными швами определяется по формуле:

$$l = \frac{n_м n_б R_{пр}(D_1^2 - D_0^2)}{5 \rho f D_1},$$

где $R_{пр}$ =900 тс/м^2 — допустимое напряжение на сжатие бетона М200 (СНиП II—21—75); D_1 =6,6 м — диаметр ствола в проходке; D_0 =6 м — диаметр ствола в свету; ρ=15 тс/м^2 — расчетная нагрузка, определяется по п. 3.22; $n_б$=0,85 — безразмерный коэффициент условий работы для материала крепи, принимаемый по СНиП II—21—75, табл. 15, п. 7; $n_м$=0,85 — безразмерный коэффициент; f=0,5 — коэффициент трения пород о крепь (по п. 3.37)

$$l = \frac{0{,}85 \cdot 0{,}85 \cdot 900(6{,}6^2 - 6^2)}{5 \cdot 15 \cdot 0{,}5 \cdot 6.6} = \frac{4910}{248} = 19{,}8 \text{ м}.$$

Расчетная минимальная высота определяется по формуле (14).

Податливость прокладки a (в нашем случае — дерева) определяется по экспериментальной кривой зависимости от $\rho_{пк}$ (рис. 55). $\rho_{пк}$ — среднее значение давления, воспринимаемого прокладкой, принимается $\approx 0{,}5R_{пр}$ материала крепи; $\rho_{пк}$ =0,5·90= =45 кгс/см^2, податливость равна 30% (по графику).

Толщина прокладки в глинистых сланцах непосредственно над пластом i_2 при $\varepsilon = 3 \cdot 10^{-3}$ (рис. 54, *в*) составит

$$\delta = \frac{1{,}2 \cdot 19.8 \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cdot 100}{30} = 0{,}229 \text{ м} = 229 \text{ мм}.$$

Толщина прокладок по мере уменьшения деформаций вверх от пласта меняется.

В соответствии с расчетом над пластом и под ним в зоне опорного давления предусматриваются осадочные швы на расстоянии не более 20 м и толщиной 200 мм, кроме первых двух (5) на рис. 54, *г*, которые принимаются толщиной 250 мм.

10. Для защиты верхней части ствола от растягивающих деформаций возникающих после прохождения фронта работ, в со-

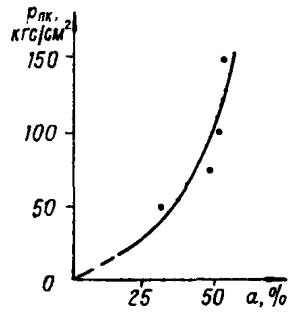


Рис. 55. График испытаний деревянных прокладок из сосны

ответствии с п. 3.40 предусматриваются горизонтальные осадочные швы на расстоянии 15 м толщиной 100 мм, заполненные деревянными прокладками.

11. На участке пересечения стволом отрабатываемого пласта i_2, где ожидаемые деформации достигают более 50 мм/м (см. п. 3.39), устраивается осадочная зона. В этом случае вблизи ствола проходится «разгрузочная выработка» (см. рис. 54) по пласту i_2. Для этого крепь ствола в районе пласта разбирается на полную мощность, уголь равномерными заходками выбирается на расстояние 20 м от ствола (участок 40×40 м, рис. 54, *б*). Выработанное пространство поддерживается костровой крепью 7 (см. рис. 54, *г*) из расчета один костер (1,5×1,5 м) на 16 м². На участке разрезанной крепи устраивается кладка *6* (рис. 54, *г*) из деревянных брусьев 0,2×0,2×1 м в шахматном порядке с прокладками из досок 40 мм. «Разгрузочная выработка» обеспечивает защиту крепи ствола в зоне опорного давления (до подхода основного фронта очистных работ) на расстояние не менее 50 м в почве и кровле пласта (защитная зона *1* на рис. 54, *а* в соответствии с приложением 3).

После прохождения очистного забоя обеспечивается плавное сближение кровли и почвы пласта. «Разгрузочная выработка» проходится до начала отработки целика или одновременно.

12. Из анализа горнотехнической обстановки следует, что при принятом на шахте обратном порядке отработки и высоте уже нарезанных к очистной выемке столбов выемка целика может быть произведена лавой 2 ($L_л$=175 м) и частично лавой 1 ($L_л$=150 м), которая в конце 1976 г. подойдет к границе целика (см. рис. 54). В дальнейшем работа лавы 1 планируется в обычном порядке, что позволит сократить целик на 25 м со стороны восстания.

Лава 2 подойдет к восточной границе целика в конце 1977 г., когда лава 1 закончит свою работу. Отработку сокращенного целика предполагается осуществить одной лавой 2 без ее остановки (от границ к стволу, схема 3 п. П.3.3), так как нарезка дополнительной лавы и монтаж дорогостоящего выемочного комплекса для отработки встречными забоями (что более рационально) потребует значительных затрат.

13. Околоствольные выработки по пласту i_3 расположены в 50 м ниже разрабатываемого пласта в прочных устойчивых породах и в специальной охране целиками не нуждаются (п. 4.17).

14. Поверхностные сооружения, рассматриваемые без их технологической связи с подрабатываемым стволом, относятся к III категории охраны. Безопасная глубина определяется как

$$H_б = k_б m,$$

где $k_б = 200$ — коэффициент безопасности (принят по Правилам охраны для Донбасса); $m = 1{,}25$ м — мощность пласта i_2; $H_б = 250$ м, т. е. очистные работы не должны повлиять на сооружения поверхности.

Горные работы по линии падения обеспечивают полную подработку земной поверхности. Максимальные оседания составят 900 мм. При появлении незначительных нарушений предусматривается частичный ремонт.

15. В процессе отработки проводится периодический осмотр и наблюдения за состоянием крепи ствола и поверхностных сооружений, предусматриваются необходимые меры безопасности эксплуатации коммуникаций и сооружений.

16. После проведения выемки по пласту i_2 целик по пласту i_3 может быть сокращен в 2 раза, а также рассмотрен вопрос о полном извлечении угля по пласту i_4 (работами данной или соседней шахты).

Приложение 5

МЕТОДИКА СТАТИЧЕСКОГО И ПРОЧНОСТНОГО РАСЧЕТА КРЕПИ НА ЭВМ ПО ПРОГРАММЕ «КРЕПЬ»

П.5.1. Алгоритм программы статического расчета «КРЕПЬ» основан на методе начальных параметров*.

П.5.2. Область применения программы «КРЕПЬ» ограничивается замкнутыми и незамкнутыми конструкциями жесткой и ограниченно-податливой крепи:

а) монолитная бетонная и железобетонная с гибкой и жесткой арматурой;

б) сборная из мелких и крупных блоков без прокладок и с прокладками в шарнирных стыках;

в) сборная из чугунных и железобетонных тюбингов с шарнирными стыками или со связями растяжения в стыках.

П.5.3. При расчете сборной крепи используется расчетная схема Метрогипротранса, учитывающая активную нагрузку на одной части контура и реактивный нормальный отпор на другой части контура (рис. 56, *а*). При учете сил трения вводится угол трения $\varphi^*=\operatorname{arctg} f^*$, ($f^*$ — коэффициент трения крепи по породе).

При расчете мелкоблочной шарнирной крепи (не более 20 блоков) одновременно с прочностным расчетом производится проверка устойчивости крепи с учетом ее геометрической нелинейности.

При расчете монолитных конструкций используется расчетная схема с касательным отпором (рис. 56, *б*).

Если расчетные нагрузки действуют только со стороны кровли (при устойчивых породах почвы и боков), то при расчете незамкнутой монолитной крепи боковые нагрузки принимаются равными нулю и используется расчетная схема с нормальным отпором (рис. 56, *а*). При этом силы трения по контакту крепи с массивом учитываются так же, как и при расчете сборной крепи.

П.5.4. Эпюра нагрузок на крепь строится по характерным расчетным значениям в кровле $\rho_к$, по нормали к напластованию $\rho_н$, в боках $\rho_б$ и в почве $\rho_п$ (п. 4.30). При использовании крепи с выположенным обратным сводом на участках ее стыковки со

---

* Текст программы «КРЕПЬ» на языке ФОРТРАН-IV применительно к ЭВМ «МИНСК-32» имеется во ВНИМИ. По запросам проектных и производственных организаций может быть им передан.

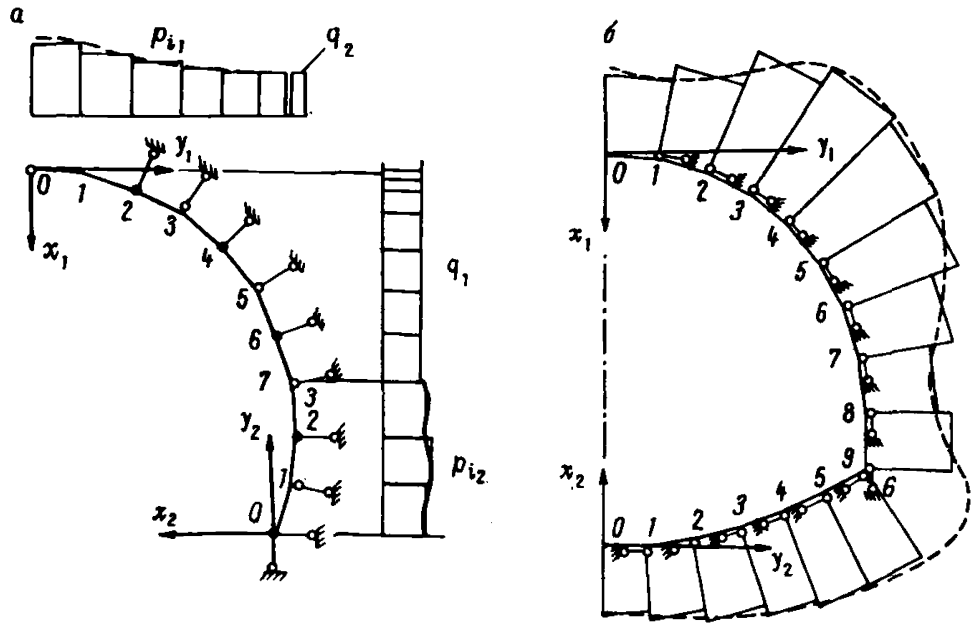


Рис. 56. Расчетная схема крепи:

а — незамкнутой сборной с нормальным отпором (III схема); *б* — замкнутой с касательным отпором (II схема)

стенами расчетную нагрузку следует увеличить на 20—30% по отношению к боковой.

Окончательная эпюра строится плавным соединением точек, соответствующих характерным значениям нагрузок.

П.5.5. В зависимости от контактных условий и принятой расчетной схемы определяются коэффициенты нормального отпора:

$$K_0 = (E/1{,}2r_к)\,\lambda_0\,, \qquad (76)$$

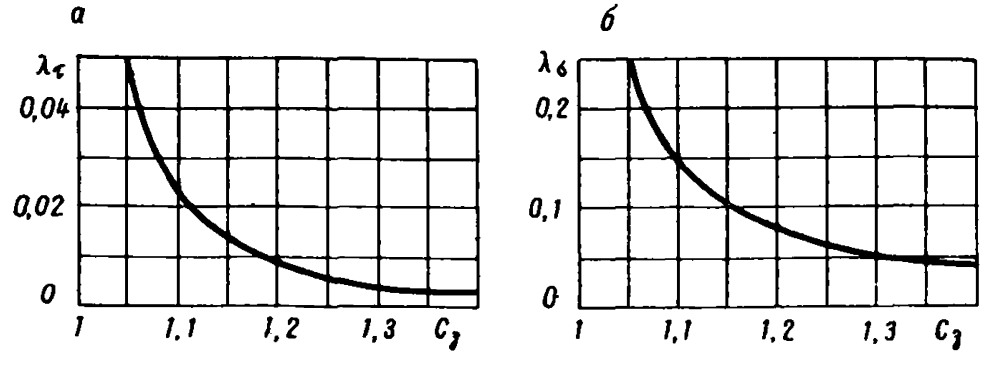


Рис. 57. Графики изменения коэффициентов λ_τ и λ_0 в зависимости от относительного размера забутовочного слоя:

а — II расчетная схема; *б* — III расчетная схема

или касательного отпора:

$$K_{\tau}=(E/1{,}5r_{к})\,\lambda_{\tau}, \qquad (77)$$

где E — модуль упругости пород; λ_{δ} и λ_{τ} — коэффициенты, определяемые по графикам (рис. 57) в зависимости от относительных размеров забутовки $C_{з}=r_{0}/r_{к}$, (где r_{0} — наружный радиус забутовки; $r_{к}$ — наружный радиус крепи).

При расчете незамкнутой крепи вводится коэффициент жесткости опор, определяемый по приближенной формуле:

$$K_{02}=3\cdot 10^{-2}E. \qquad (78)$$

Модуль упругости пород E при отсутствии данных испытаний может быть определен приближенно по корреляционной формуле:

$$E=aR_{c}+b, \qquad (79)$$

где R_{c} — предел прочности на сжатие, тс/м^{2}; a, b — коэффициенты, определяемые в зависимости от типа породы по табл. 43.

Таблица 43

Породы	$a\cdot 10^{-3}$	$b\cdot 10^{-6}$
Песчаник	0,226	1,22
Алевролит	0,245	1,24
Аргиллит:		
по нормали к напластованию	0,242	0,16
вдоль напластования	0,585	0,95

П.5.6. При расчете крепи ее криволинейное очертание в расчетной схеме заменяется полигональным, состоящим из прямолинейных элементов. При этом вводятся две системы координат (см. рис. 56). Максимальное количество элементов в каждой системе координат не должно превышать 10.

Расположение шарниров в расчетной схеме может быть неравномерным, но отвечающим реальной конструкции. Между шарнирными узлами в расчетной схеме (см. рис. 56) должен быть, по крайней мере, один узел, расположенный на монолитном участке. На монолитном участке должен располагаться и общий узел для обеих систем координат.

Задание геометрии конструкции может быть выполнено в двух вариантах: для криволинейных участков — через радиус и центральный угол элемента; для прямолинейных — через длину элемента и угол его наклона к оси ox.

При расчете криволинейной незамкнутой крепи во II системе координат вводится начальный центральный угол (рис. 58).

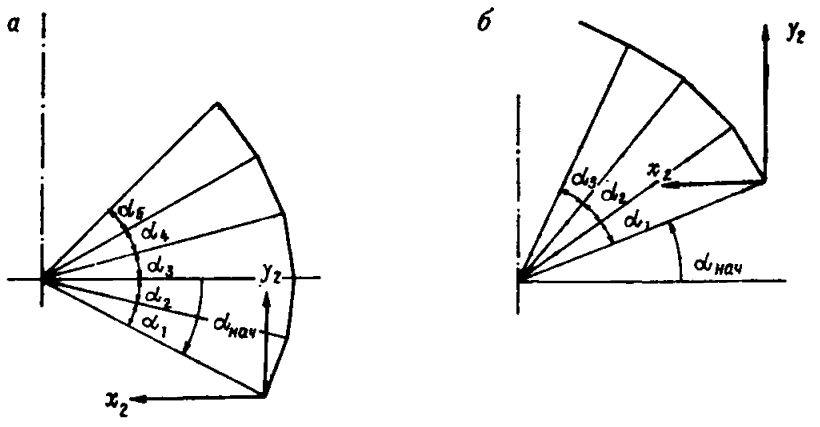


Рис. 58. Схема к определению угла $\alpha_{нач}$:
а — $\alpha_{нач} < 0$; *б* — $\alpha_{нач} > 0$

Нагрузки при расчете крепи могут быть заданы в двух вариантах. По первому варианту задается эпюра распределенных по проекциям на оси координат нагрузок. Нагрузки, действующие в направлении осей ox_1 и ox_2, задаются на каждый элемент (ρ_{im}), а в направлении осей oy_1 и oy_2 задаются равномерно-распределенные нагрузки соответственно q_1 и q_2.

По второму варианту на каждый элемент задается радиальная (постоянная в пределах элемента) нагрузка ρ_{im}. При этом величины: $q_1=q_2=0$.

В качестве исходных данных в программе «КРЕПЬ» используются следующие признаки и параметры:

$n1$ — количество элементов в расчетной схеме для I системы координат (max n1=10);

$n2$ — количество элемечтов в расчетной схеме для II системы координат (max n2=10);

A_1 = { 1 — при расчете с нормальным отпором (рис. 56, *а*); 0 — при расчете с касательным отпором (рис. 56, *б*);

A_2 = { 1 — нагрузка задана в радиальном направлении к контуру крепи (рис. 56, *б*); 0 — нагрузка задана в проекциях на оси координат (рис. 56, *а*);

A_3 = { 1 — при расчете монолитной крепи; 0 — при расчете сборной крепи;

A_4 = { 1 — при расчете замкнутой крепи (рис. 56, *б*); 0 — при расчете незамкнутой крепи (рис. 56, *а*);

A_5 = { 1 — при расчете бетонной крепи: 0 — при расчете железобетонной крепи с жесткой арматурой;

KI — количество итераций (при расчете монолитной крепи равно 1, сборной — 20);

φ^* = { φ^* — угол трения в градусах при расчете с учетом сил трения; 0 — при условии проскальзывания или при $A_1=0$;

q_1, q_2 — распределенные нагрузки в направлении оси oy в I и II системах координат, тс/м^2 (при $A_2=1$, $q_1=q_2=0$);

$\alpha_{нач}$ — начальный центральный угол в градусах (см. рис. 58; $A_4=1, \alpha_{нач}=0$);

K_{02} — жесткость опоры в узле 02, тс/м (при $A_4=1$, $K_{02}=0$);

$R_и$ — прочность бетона на изгиб, тс/м^2;
П — количество рам жесткой арматуры на 1 п. м (при $A_5=1$, n=0);
NI — номер двутавра (при $A_5=1$, NI=00);
$R_{аж}$ — расчетное сопротивление жесткой арматуры, тс/м^2;
m_a — коэффициент условий работы, равный 0,8 (при $A_5=1$, $m_a R_{аж}$ = =00000);
$E_к$ — приведенный модуль упругости материала крепи, тс/м^2;

Далее по строкам вводится таблица чисел в следующей очередности для элементов I системы координат с i=1 до i=n1 : K_i, S_i, α_i, R_i, Z_i, $(E_к I)_i$, $(E_к F)_i$, ρ_i (где i — номер элемента) и затем в аналогичной последовательности для II системы координат с i=1 до i=n2.

Обозначение приведенных выше параметров:

K_i — коэффициент нормального $K_б$ или касательного K_τ отпора, тс/м^2;

$S_i = \begin{cases} 1 — при задании геометрии крепи через радиус R_i и центральный угол α_i; \\ 0 — при задании длины элемента R_i и его угла наклона α_i к оси ox; \end{cases}$

R_i, α_i — в зависимости от признака S_i задается соответственно в метрах и градусах;

$Z_i = \begin{cases} 1 — при расположении конца i-того элемента на монолитном участке; \\ 0 — то же в шарнире; \end{cases}$

$(E_к I)_i$ — жесткость i-того элемента на изгиб, тс/м^2;
$(E_к F)_i$ — жесткость i-того элемента на сжатие, тс;
p_i — значение радиальной (при $A_2=1$) или равномерно-распределенной в направлении оси ox (при $A_2=0$) нагрузки на элемент, тс/м^2.

Исходные данные должны быть в строго указанной последовательности пробиты на перфокартах.

Для удобства исходные данные рекомендуется представлять в табличной форме (табл. 44). Таблица рассчитана на максимальное количество элементов в расчетной схеме. Каждая строка исходных данных (табл. 44) должна пробиваться на отдельной перфокарте. При этом необходимо учесть, что первый столбец чисел, указывающий номер элемента, является вспомогательным и при пробивке информации на перфокартах он не учитывается.

В связи с тем, что задаваемые исходные числа изменяются в широком диапазоне, формат их представления также различен.

В табл. 44 для них отведено различное количество позиций. Так, для задания признаков A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, S_i, Z_i отведено по одной позиции (0 или 1).

Значения параметров K_{02}, $R_и$, $m_a R_{аж}$, $E_к$, K_i, $(E_к I)_i$, $(E_к F)_i$ задаются по форме чисел с плавающей запятой. Причем, если число занимает не более 5 позиций, оно может быть задано в форме действительного числа с фиксированной запятой.

Например:

$K_{02}=25000$ тс/м;

2	5	0	0	0

$(E_к I)_i=1200$ тс/м^2

1	.	2	E	3

Таблица 44

n1		n2		A1	A2	A3	A4	A5	KI		φ^*		q_1			q_2			α нач			K02				Ru				П	NI		maRa,ж					Ek				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44

№ п/п	Kim					Sim	α im					Rim					Zim	(EI)im					(EF)im					ρim		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

или

2	.	5	E	4

или

1	2	0	0	.

Параметры n1, n2, KI, φ*, q_1, q_2, $\alpha_{нач}$, П, NI, ρ_i задаются в форме целых чисел, причем, если задаваемое число содержит меньше цифр, чем количество отведенных позиций, то первые лишние позиции заполняются нулями.

Например:

$q_1 = 20$ | 0 | 2 | 0 | ; $n_1 = 8$ | 0 | 8 |

Параметры α_i, R_i задаются в форме действительных чисел с фиксированной запятой.

Например:

$R_i = 10{,}5$ м

0	1	0	.	5

или

1	0	.	5	0

$\alpha_i = 105°{,}0$

1	0	5	.	0

или

0	1	0	5	.

Расчетные характеристики прокатной стали и бетона представлены соответственно в табл. 45 и 46.

Таблица 45

Расчетное сопротивление	Марка стали		
	ст 3	ст 4	ст 5
$R_{а.ж}$, тс/м^2	21000	21000	23000

Модуль упругости (тс/м^2) железобетонной крепи с жесткой арматурой определяется по формуле:

$$E_к = E_б + \frac{E_{бт} \cdot nF_а}{F}. \qquad (80)$$

Моменты инерции I и площади поперечного сечения F в зависимости от толщины δ монолитной крепи представлены в табл. 47.

Таблица 46

Механическая характеристика	Материал крепи	Проектная марка бетона по прочности				
		150	200	300	400	500
$R_и$, тс/м^2	железобетон	800	1000	1600	2100	2500
	бетон	700	900	1400	–	–
$E_б$, тс/м^2	бетон	$2{,}30 \cdot 10^6$	$2{,}65 \cdot 10^6$	$3{,}15 \cdot 10^6$	$3{,}50 \cdot 10^6$	$3{,}80 \cdot 10^6$

Таблица 47

δ, м	I, м^4	F, м^2
0,20	$0{,}67 \cdot 10^{-3}$	0,20
0,25	$1{,}32 \cdot 10^{-3}$	0,25
0,30	$2{,}24 \cdot 10^{-3}$	0,30
0,35	$3{,}56 \cdot 10^{-3}$	0,35
0,40	$5{,}4 \cdot 10^{-3}$	0,40
0,45	$7{,}6 \cdot 10^{-3}$	0,45
0,50	$10{,}4 \cdot 10^{-3}$	0,50

Для контроля вводимой исходной информации перед выдачей результатов расчета на печать выдается таблица исходных данных.

Результаты расчета выдаются на печать в следующем порядке: U(i, m), V(i, m) — перемещения узла i в направлении осей ox и oy; N(i, m), NS(i, m) — расчетная и предельная нормальные силы в узле i; M(i, m) — изгибающий момент в узле i; R(i, m), R1(i, m) — реакции упругого отпора в узлах и распределенные по длине элементы; m — номер системы координат.

Параметры U и V позволяют судить о перемещениях конструкции крепи; R и R1 — о реакциях упругого отпора (нормального или касательного).

Основными расчетными параметрами являются нормальные силы N и изгибающие моменты M, по которым определяется прочность конструкции и предельная несущая способность крепи NS. Для бетонной и железобетонной крепи с жесткой арматурой предельная несущая способность NS в программе «КРЕПЬ» вычисляется в автоматическом режиме. Сопоставление ее с расчетной нормальной силой N позволяет судить об уровне нагружения крепи.

В случае, если в одном из узлов не выполняется условие $NS > N$, необходимо усилить конструкцию (увеличить ее толщину в районе рассматриваемого сечения, повысить марку бетона или увеличить армирование) и повторить расчет на ЭВМ. При этом в табл. 44 изменяется $E_к$, $E_к I$ и $E_к F$. Исключением является узел стыковки стен с выположенным обратным сводом для замкнутой крепи, где невыполнение указанного выше условия не приводит к разрушению крепи.

В ряде случаев может оказаться, что принятые предварительно конструктивные параметры крепи являются завышенными. Оптимальные параметры при этом определяются дополнительным расчетом.

Для бетонной крепи оптимальная толщина может быть определена без дополнительного расчета на ЭВМ по формуле:

— для малых эксцентриситетов $e_0 \leq 0{,}225\delta$

$$\delta \geq \frac{|N|}{1{,}28R_и} + \sqrt{\left(\frac{|N|}{1{,}28R_и}\right)^2 + 3{,}1\frac{|M|}{|N|}} \qquad (81)$$

— для больших эксцентриситетов $0{,}45\delta \geq e_0 > 0{,}225$

$$\delta \geq 1{,}65\frac{|N|}{R_и} + 2\left|\frac{M}{N}\right|, \qquad (82)$$

где $|M|$, $|N|$ — абсолютные значения изгибающего момента и нормальной силы.

Предельная несущая способность железобетонной крепи с гибкой арматурой рассчитывается по СНиП II—И.14—69, а крепи из чугунных тюбингов — по СНиП II—В.3—62.

Проверка прочности элементов бетонной и железобетонной крепи с жесткой арматурой*

П.5.7. Расчет предельной несущей способности элементов бетонной крепи производится в зависимости от эксцентриситета приложения продольной (нормальной) силы (e_0).

При малых эксцентриситетах $e_0 \leq 0{,}225\delta$

$$N \leq \frac{0{,}64R_и\,\delta}{1 + \frac{2l_0}{\delta}} \text{ тс}, \qquad (83)$$

где δ — толщина крепи, м; $e_0 = \left|\frac{M}{N}\right|$ — эксцентриситет продольной силы, м; M, N — изгибающий момент и нормальная сила в опасном сечении.

При больших эксцентриситетах $0{,}45\delta \geq e_0 > 0{,}225\delta$

$$N \leq 1{,}2R_и\left(\frac{\delta}{2} - e_0\right) \text{ тс}, \qquad (84)$$

---

* Производится по предельному состоянию без учета работы растянутой зоны сечения. При необходимости обеспечить трещиностойкость крепи расчет производится в соответствии с требованиями СНиП II—И.14—69.

П.5.8. Предельная несущая способность элементов железобетонной крепи с жесткой арматурой рассчитывается в зависимости от эксцентриситета приложения продольной силы e_0.

а) При больших эксцентриситетах $x \leq 0{,}55\,\delta$ (рис. 59, *а*)

$$N \leq 0{,}01 R_и [x - 2\Pi\delta_{ст}(r-x)(\frac{m_a R_{аж}}{100 R_и} - 0{,}01)] \text{ тс}, \qquad (85)$$

где

$$x = -(e_0 - \frac{\delta}{2}) + \sqrt{(e_0 - \frac{\delta}{2})^2 + \frac{1{,}17\frac{W_x}{\delta_{ст}} + 2r(e_0 + \frac{r-\delta}{2})}{1+\omega}} \text{ см}, \qquad (86)$$

$$\omega = \frac{50 R_и}{m_0 R_{аж} \Pi \delta_{ст}};$$

Π — число рам жесткой арматуры на 1 п. м; $h_{ст}$, $\delta_{ст}$ — высота и толщина стенки двутавра, см; W_x — момент сопротивления двутавра, см^3; $F_{аж}$ — площадь поперечного сечения двутавра, см^2;

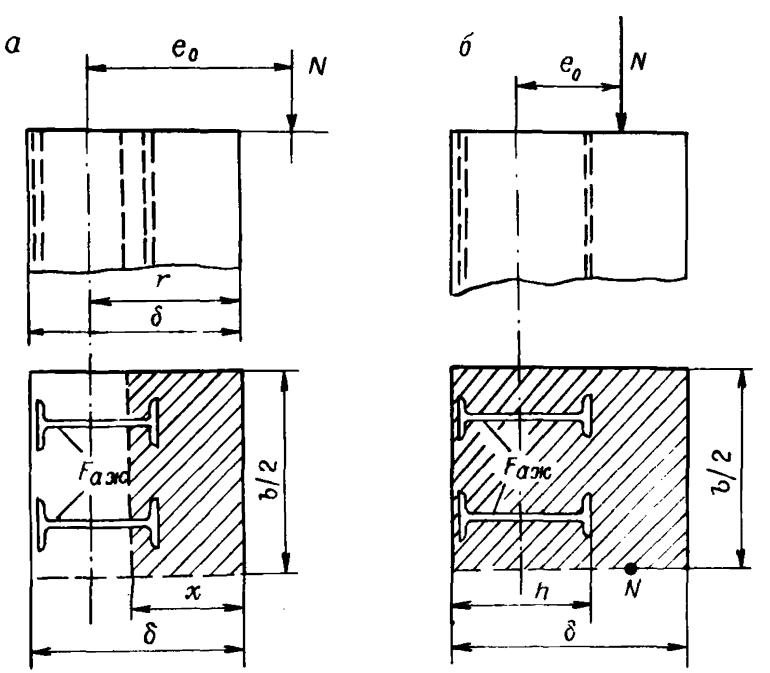


Рис. 59. К расчету железобетонной крепи с жесткой арматурой:

а — большой эксцентриситет; *б* — малый

r — расстояние от центра тяжести арматуры до сжатой грани сечения, см; $R_{а\,ж}$ — расчетное сопротивление жесткой арматуры, тс/м^2; $m_а$ — коэффициент условий работы арматуры ($m_а$=0,8).

при $M<0$ $r=h_{ст}/2$; $h_1=h_{ст}$;

при $M\geqslant 0$ $r=\delta-h_{ст}/2$; $h_1=\delta$;

б) При малых эксцентриситетах $x>0{,}55\delta$ (рис. 59, *б*)

$$N\leqslant\frac{40h_1^2R_и+0{,}5\Pi F_{а\,ж}\,h_{ст}\,(m_аR_{а\,ж}-R_и)}{10^4(e_0+0{,}5h_{ст})} \qquad (87)$$

Площадь поперечного сечения $F_а$, момент сопротивления W_x и толщина стенки двутавра принимаются в зависимости от номера двутавра по табл. 48.

Таблица 48

Номер двутавра	$F_а$, см^2	W_x, см^3	$\delta_{ст}$, см
16	20,2	109	0,5
18	23,4	143	0,5
20	26,8	184	0,52
22	30,6	232	0,54
24	34,8	289	0,56

Приложение 6

ПРИМЕРЫ ВЫБОРА РАСПОЛОЖЕНИЯ КАПИТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК, ПАРАМЕТРОВ ИХ ОХРАНЫ И РАСЧЕТ КРЕПИ

Для вскрытия и отработки горизонта шахты «Центральная» на глубине 1300 м подобрана типовая схема околоствольного двора (рис. 60). Вмещающие породы на уровне горизонта представлены песчаниками и песчанистыми сланцами различной прочности. Угол падения пород 18°. Срок службы горизонта 15 лет.

Поперечные размеры сечения выработок в свету, определенные по условиям транспорта и вентиляции, приведены в табл. 49.

Таблица 49

Выработки	Размеры сечения выработок		
	b, м	h, м	s, м^2
Квершлаг 1	5,5	3,0	14,0
Квершлаг 2	5,5	3,0	14,0
Заезд 1	3,5	2,5	7,5
Сбойка 2	3,0	2,5	6,5
Сбойка 3	3,0	2,5	6,5
Сбойка 4	3,0	2,5	6,5
Заезд 5	3,5	2,5	7,5

Требуется, исходя из условий безремонтного поддержания основных и вспомогательных выработок околоствольного двора, выбрать наиболее благоприятные условия их расположения, рациональные типы крепи и произвести проверочный прочностной расчет крепи.

Решение

1. В соответствии с п. 4.9 Указаний располагаем основные выработки вкрест простирания пород. С учетом фактического геологического разреза выработки вблизи стволов, сопряжения располагаем по возможности в наиболее устойчивых породах (см. рис. 60).

2. Определяем допустимое расстояние между квершлагами 1 и 2, исключающее их взаимное влияние, по табл. 9. Ввиду различной прочности пород, пересекаемых квершлагами, допустимое рас-

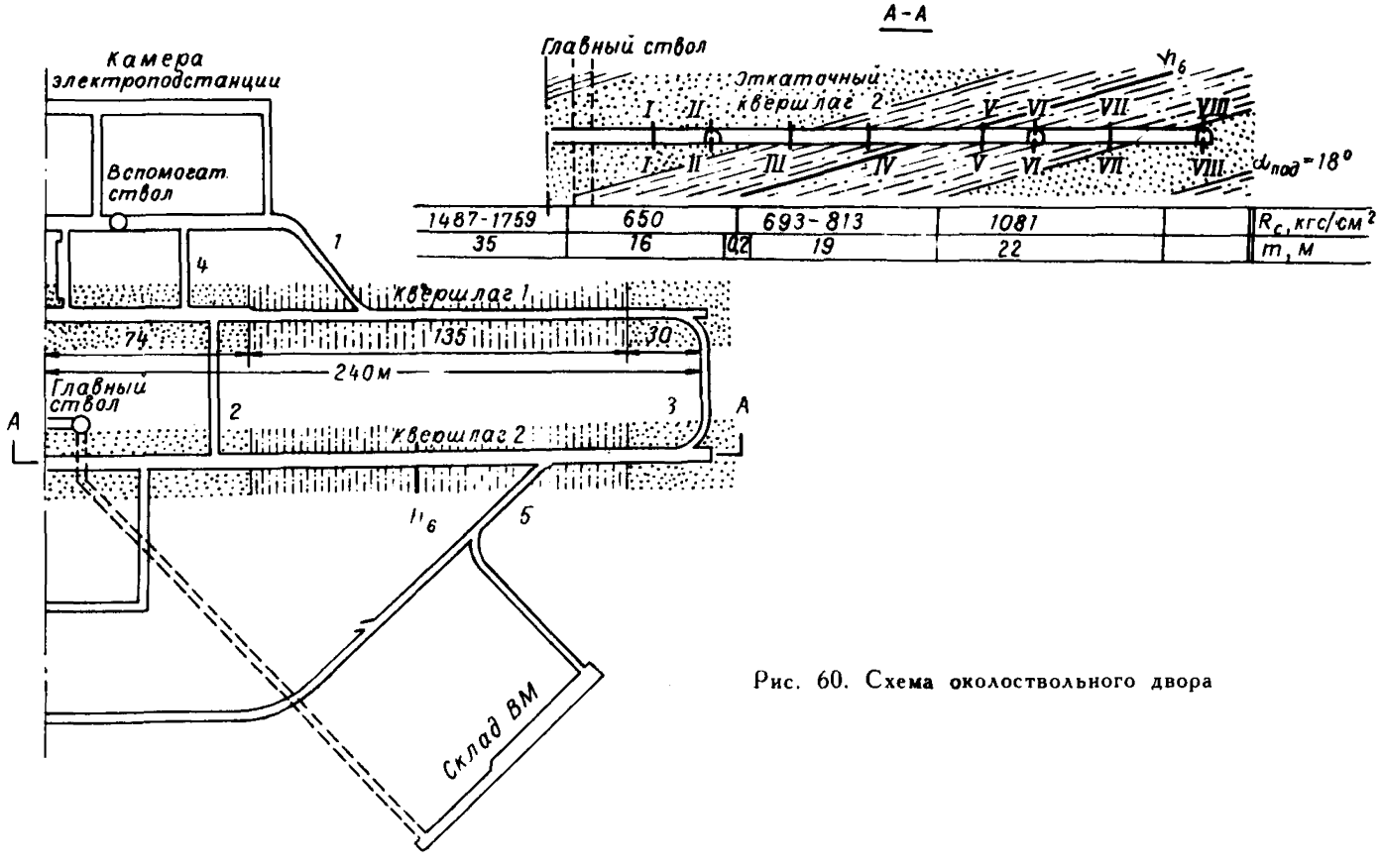


Рис. 60. Схема околоствольного двора

стояние между квершлагами принимаем по минимальной прочности, которая в соответствии с геологическим разрезом пород составляет 650 кгс/см^2. При глубине 1300 м и прочности 650 кгс/см^2 допустимое расстояние между выработками, пройденными вкрест простирания, составляет 25 м. Принимаем $L_д$=25 м.

3. С учетом геологического разреза намечаем по одной из основных выработок (например, по квершлагу 2) наиболее характерные сечения для расчета (I—VIII).

4. Определяем для каждого выбранного сечения расчетную прочность пород R_c^p в кровле, почве и боках выработки. Большинство сечений (кроме сечений III и VII) расположено в однородных слоях пород, поэтому R_c^p в кровле, почве и боках выработки будет одинаковой. Для сечений III и VII необходимо определить приведенное значение $\bar{R}_c$. По максимальной величине смещения пород на контуре выработки определяем категорию устойчивости.

Сечение I расположено в песчаниках с R_c=1487—1759 кгс/см^2. Поэтому для расчета принимаем среднее значение R_c^p=1620 кгс/см^2.

Для сечения II расчетное значение R_c^p=1620 кгс/см^2.

В сечении III в кровле залегают песчаники с R_c=1620 кгс/см^2, а в боках и почве — песчанистые сланцы с R_c=650 кгс/см^2. Поэтому в соответствии с пп. 4.6 и 4.7 определяем приведенную прочность в кровле R_c. Высота квершлага 2 в соответствии с данными табл. 49 составляет 3 м. Слой песчанистого сланца расположен по всей высоте. Следовательно, $m_б$=3 м. Приведенная мощность в кровле $m_к=m_б+1{,}5b$; $m_к=3+1{,}5\cdot 5{,}5=11{,}25$ м. Определяем $\bar{R}_c$:

$$\bar{R}_c=R_{сл}\bar{f}.$$

Для определения $\bar{f}$ нам необходимо рассчитать f и $\bar{m}$.

$$f=\frac{R_{пр}}{R_{сл}}=\frac{1620}{650}=2{,}5; \qquad \bar{m}=\frac{m_{сл}}{m}=\frac{3}{11{,}25}=0{,}26.$$

Зная f и $\bar{m}$, по номограмме (см. рис. 3) находим $\bar{f}$, которая равна 1,75. Следовательно, приведенная прочность пород в кровле $\bar{R}_c$=$=650\cdot 1{,}75=1140$ кгс/см^2. Принимаем R_c^p=1140 кгс/см^2. В боках и почве расчетное значение R_c^p в сечении III равно 650 кгс/см^2.

В сечении IV расчетное значение R_c^p в кровле, почве и боках выработки принимаем R_c^p=650 кгс/см^2.

Сечение V расположено в песчанистых сланцах R_c=693—813 кгс/см^2. Принимаем среднее значение R_c=750 кгс/см^2. В кровле выработки залегают также песчанистые сланцы с R_c=$=650$ кгс/см^2. Пределы прочности пород песчанистых сланцев отличаются менее чем на 20%. Поэтому в соответствии с п. 4.7 расчетную прочность в кровле, почве и боках выработки для сечения V принимаем R_c^p=650 кгс/см^2.

Сечение VI расположено в однородных породах. Принимаем расчетную прочность для кровли, боков и почвы $R_c^p = 750$ кгс/см^2.

В сечении VII для кровли и боков выработки расчетное $R_c^p = 750$ кгс/см^2. Для пород почвы определяем приведенную прочность. По рис. 3 определяем $\bar{f}$, которая равна 1,2. Приведенная прочность в почве $\bar{R} = 750 \cdot 1{,}2 = 900$ кгс/см^2. $R_c^p = 900$ кгс/см^2.

Для сечения VIII в кровле, почве и боках принимаем расчетное значение $R_c^p = 1080$ кгс/см^2.

5. Определяем для каждого сечения ожидаемое смещение пород в кровле, почве и боках выработки за срок службы выработки по формуле (20) и производим оценку категории устойчивости пород в соответствии с п. 4.5.

Сечение I

Определяем смещение в кровле

$$U_к = U_т k_v k_{общ};$$

$$k_{v\,общ} = \frac{k_\alpha k_s k_в}{k_\theta}.$$

По номограмме (см. рис. 22) определяем $U_т = 23$ мм. По табл. 13 принимаем $k_v = 1{,}6$. Для выработок второй группы по рис. 7 находим $k_\alpha = 0{,}7$. Определяем k_s по формуле (22). $k_s = 0{,}25b = 0{,}25 \cdot 5{,}5 = 1{,}37$. При определении смещения со стороны кровли в соответствии с п. 4.20 коэффициент $k_\theta = 1$.

Участок выработки расположен вне влияния других выработок $k_в = 1$.

$$U_к = 23 \cdot 1{,}6 \frac{0{,}7 \cdot 1{,}37 \cdot 1}{1} = 35 \text{ мм}.$$

Прочность пород в почве такая же, как и в кровле. Поэтому $U_п$ принимается без расчета равным 35 мм.

Для расчета смещений в боках выработки определяем величину k_θ по графику (см. рис. 13); $k_\theta = 1{,}7$. Остальные параметры остаются без изменения.

$$U_б = 23 \cdot 1{,}6 \frac{0{,}7 \cdot 1{,}37 \cdot 1}{1{,}7} = 21 \text{ мм}.$$

В соответствии с п. 4.5 породы на участке сечения I относятся к категории устойчивых.

Сечение II

В сечении II значения коэффициентов k_α, k_s, k_θ и величина $U_т$ такие же, как и в сечении I. Необходимо для расчета определить коэффициент $k_в$, так как сечение находится на участках сопряжения.

Определяем по табл. 14, что $k_в=2,5$. По табл. 9 определяем расстояние $L_д$, на которое влияет сопряжение, $L_д=15$ м.

$$U_к=23\cdot 1,6\,\frac{0,7\cdot 1,37\cdot 2,5}{1}=88 \text{ мм}, \quad U_п=88 \text{ мм}.$$

$$U_б=23\cdot 1,6\,\frac{0,7\cdot 1,37\cdot 2,5}{1,7}=51 \text{ мм}.$$

В соответствии с п. 4.5 породы на участке сечения II относятся к категории средней устойчивости.

Сечение III

Определяем $U_т$. Для прочности 1140 кгс/см^2 $U_т=60$ мм, для пород с $R_с^р=650$ кгс/см^2 $U_т=300$ мм.

$$U_к=60\cdot 1,6\,\frac{0,7\cdot 1,37\cdot 1}{1}=92 \text{ мм}.$$

$$U_п=300\cdot 1,6\,\frac{0,7\cdot 1,37\cdot 1}{1}=460 \text{ мм}.$$

$$U_б=300\cdot 1,6\,\frac{0,7\cdot 1,37\cdot 1}{1,7}=270 \text{ мм}.$$

По величине смещения породы относятся к категории неустойчивых.

Сечение IV

$U_к=U_п=460$ мм, $U_б=270$ мм (порядок расчета такой же, как и в сечении III).

Породы относятся к категории неустойчивых.

Сечение V

$U_к=U_п=460$ мм, $U_б=270$ мм.

Породы относятся к категории неустойчивых.

Сечение VI

Определяем $U_т$ при $R_с^р=750$ кгс/см^2. $U_г=220$ мм. Для такого вида сопряжения при $\beta=45°$ по табл. 14 принимаем $k_в=2,5$.

По табл. 9 определяем $L_д=22$ м.

$$\bar{L}_д=\frac{L_д}{\sin 45°}=\frac{22}{0,7}=31 \text{ м}.$$

$$U_к=220\cdot 1,6\,\frac{0,7\cdot 1,37\cdot 2,5}{1}=850 \text{ мм}, \quad U_п=850 \text{ мм}.$$

$$U_б=220\cdot 1,6\,\frac{0,7\cdot 1,37\cdot 2,5}{1,7}=500 \text{ мм}.$$

Породы относятся к категории весьма неустойчивых. В соответствии с п. 4.26 при смещениях более 500 мм необходимо на участке

произвести упрочнение пород путем цементации. В связи с упрочнением массива необходимо вновь определить смещения, увеличив при этом расчетную прочность R_c на 30%. Принимаем $R_c^1 = 975$ кгс/см^2. $U_т$ при $R_c = 975$ кгс/см^2 равно 95 мм.

$$U_к = 95 \cdot 1{,}6 \frac{0{,}7 \cdot 1{,}37 \cdot 2{,}5}{1} = 365 \text{ мм.}$$

$$U_п = 365 \text{ мм.}$$

$$U_б = 95 \cdot 1{,}6 \frac{0{,}7 \cdot 1{,}37 \cdot 2{,}5}{1{,}7} = 214 \text{ мм.}$$

После упрочнения породы относятся к категории неустойчивых.

Сечение VII

При условии цементации $U_к = 410$ мм; $U_б = 240$ мм. $U_т$ при $R_c^р = 900$ кгс/см^2 равно 120 мм.

$$U_п = 120 \cdot 1{,}6 \frac{0{,}7 \cdot 1{,}37 \cdot 1}{1} = 185 \text{ мм.}$$

После упрочнения породы относятся к категории неустойчивых.

Сечение VIII

При $R_c^р = 1080$ кгс/см^2 $U_т$ равно 75 мм, $k_в = 2{,}5$.

$$U_к = 75 \cdot 1{,}6 \frac{0{,}7 \cdot 1{,}37 \cdot 2{,}5}{1} = 287 \text{ мм.}$$

$$U_п = 287 \text{ мм.}$$

$$U_б = 75 \cdot 1{,}6 \frac{0{,}7 \cdot 1{,}37 \cdot 2{,}5}{1{,}7} = 169 \text{ мм.}$$

Породы относятся к категории неустойчивых.

6. Определяем для каждого участка выработки в зависимости от категории устойчивости пород тип и параметры крепи. В случае применения жесткой или ограниченно-податливой крепи производим статический и прочностной расчет и уточняем параметры, обеспечивающие безремонтное поддержание выработки.

На участке квершлага, расположенного в песчанике ($R_c^р = 1620$ кгс/см^2), между сечениями I и II породы устойчивые вне влияния сопряжений и средней устойчивости при их влиянии. Смещение контура выработки составляет 35—88 мм. В соответствии с п. 4.24 в породах средней устойчивости могут применяться различные крепи без обратного свода. Учитывая, что рассматриваемый участок квершлага расположен вблизи ствола и на его протяжении имеются два сопряжения, принимаем для крепления монолитную бетонную крепь, которую будем возводить с отставанием от забоя (через 60 дней). При этом в качестве временной крепи применяем штанговую, возводимую у забоя прохо-

димой выработки. Параметры штанговой крепи принимаем в соответствии с действующими типовыми проектами сечений.

Определение нагрузки на крепь в сечениях I—II

Нагрузку на крепь определяем по сечению II, где расчетные смещения максимальные, с учетом технологической и конструктивной податливости системы «массив—забутовка—крепь». Порядок расчета следующий. Определяем по п. 4.31 смещения U_{t_1}, которые произойдут в кровле и боках выработки к моменту установки постоянной крепи. Для этого определяем по графику (см. рис. 9) величину k_t. При $t_1=2$ месяца $k_t=0{,}4$. Смещения в кровле $U_{t_1}=Uk_t=88\cdot 0{,}4\approx 35$ мм. Смещения в боках $U_{t_1}=51\cdot 0{,}4=20$ мм.

В соответствии с п. 4.30 определяем расчетную величину нагрузки поочередно в кровле и боках выработки. С этой целью на оси абсцисс номограммы (см. рис. 10) откладываем расчетное смещение в кровле (88 мм). Для определения расчетной нагрузки используем ближайшую сплошную линию отпора крепи, которая пересекает ось абсцисс на отметке 100 мм. Далее, по этой же оси от начала координат откладываем смещения, реализуемые к моменту возведения крепи в кровле выработки $U_{t_1}=35$ мм. В рассматриваемом примере податливость крепи и забутовка отсутствуют, т. е. $U_з=0$, $U_к=0$. Из точки на оси абсцисс (35 мм) восстанавливаем перпендикуляр до пересечения со сплошной линией, выбранной по расчетному смещению. Ордината точки пересечения со сплошной линией определяет расчетную нагрузку на бетонную крепь в кровле выработки: $\rho_к=30$ тс/м^2.

Аналогичным образом определяем расчетную нагрузку на бетонную крепь в боках выработки. Для $U=51$ мм и $U_{t_1}=20$ мм величина $\rho_б=20$ тс/м^2.

По номограмме (см. рис. 12) для двухпутевой выработки по величине максимальной нагрузки (в данном случае со стороны кровли $\rho=30$ тс/м^2) определяем марку бетона и толщину крепи. Для бетона М200 толщина крепи при нагрузке 30 тс/м^2 составит 36 см. Принимаем толщину δ бетонной крепи в стенах 40 см, в своде — 30 см.

Расчет сводчатой бетонной крепи

По габаритам выработки и по принятым конструктивным параметрам крепи рисуем ее очертание (рис. 61, левая половина).

Расчетная схема в соответствии с приложением 5 для монолитной бетонной крепи принимается с касательным отпором (см. рис. 61, правая половина).

В I системе координат принимается разбивка участка осевой линии крепи на шесть прямолинейных элементов, во II — на четыре. Далее, в соответствии с полученными нагрузками на крепь,

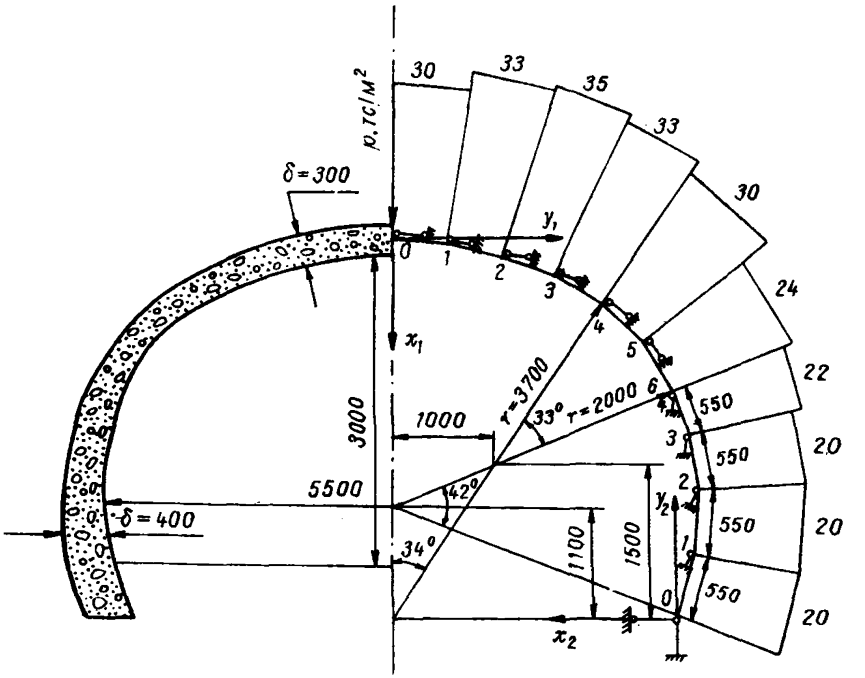


Рис. 61. Очертание и расчетная схема сводчатой бетонной крепи

строим эпюру нагрузок (см. рис. 61). В расчетной схеме плавное очертание эпюры нагрузок заменяется дискретным, при этом в пределах каждого элемента значение радиальной нагрузки принимается постоянным.

Определяем коэффициент касательного отпора по формуле (77):

$$K_\tau = \frac{E}{1{,}5 r_к} \lambda_\tau .$$

Величину E определяем по формуле (79):

$$E = aR_c + b.$$

Значения a и b принимаем по табл. 43. Для песчаника $a = 0{,}226 \cdot 10^3$; $b = 1{,}22 \cdot 10^6$. Следовательно, $E = 226 \cdot 16200 + 1220000 = 4{,}88 \cdot 10^6$ тс/м^2.

При отсутствии забутовки $\lambda_\tau = 1$. Радиус свода крепи $r_к = 3{,}7$ м. Следовательно,

$$K_\tau = \frac{4{,}88 \cdot 10^6}{1{,}5 \cdot 3{,}7} = 890000 \text{ тс/м}^2.$$

Поскольку породы на контуре однородные, принимаем K_τ одинаковым по всему контуру сечения. Принимаем модуль для бетона М200 $E_к = 2{,}65 \cdot 10^6$ тс/м^2. Заполняем таблицу исходных данных (см. табл. 44) в соответствии с рекомендациями приложения 5 (табл. 50).

Результаты расчета сводчатой бетонной крепи представлены в табл. 51. Сопоставление предельной несущей способности крепи NS с нормальной силой N свидетельствует о том, что условие прочности выполняется во всех узлах конструкции.

Проверяем далее возможность уменьшения толщины крепи. В наиболее опасном сечении (узел 1 во II системе координат) при NS=32 тс, M=3,2 тсм, N=18 тс эксцентриситет приложения продольной силы равен:

$$e_0 = \left|\frac{M}{N}\right| = 0{,}18 \text{ м} > 0{,}225\,\delta = 0{,}09 \text{ м},$$

т. е. имеем случай больших эксцентриситетов, для которого оптимальная толщина крепи определяется по формуле (82):

$$\delta = 1{,}65\frac{|N|}{R_и} + 2\left|\frac{M}{N}\right| = 1{,}65\,\frac{18}{900} + 2{,}0 \cdot 0{,}18 = 38 \text{ см}.$$

Окончательно принимаем толщину δ бетона в своде 30 см, в стенах — 40 см.

Определение нагрузки на крепь в сечениях III—VII

На участке квершлага между сечениями III—VII смещения в кровле, почве и боках примерно одного порядка, а породы относятся к категории неустойчивых. Максимальное смещение в сечениях IV и V составляет в кровле и почве 460 мм, в боках — 270 мм. В соответствии с п. 4.25 принимаем для крепления монолитную железобетонную крепь с жесткой арматурой из двутаврового профиля. При этом металлические рамы из двутаврового профиля будем устанавливать вблизи забоя, а затем с отставанием во времени на 2 месяца производить их бетонировку.

Определяем по п. 4.31 смещения, которые произойдут к моменту бетонировки двутавровых рам (U_{t_1}) в кровле, почве и боках выработки. Для этого находим по графику (см. рис. 9) величину k_t. При t_1=2 месяца k_t=0,4. Смещения в кровле и почве $U_{t_1} = U \times k_t = 460 \cdot 0{,}4 = 184$ мм. Смещения в боках $U_{t_1} = 270 \cdot 0{,}4 = 108$ мм.

В соответствии с п. 4.30 определяем расчетную величину нагрузки на крепь последовательно в кровле, почве и боках выработки. С этой целью по номограмме (см. рис. 10) на оси абсцисс откладываем расчетное смещение в кровле (460 мм). Для определения расчетной нагрузки используем ближайшую сплошную линию отпора крепи, которая пересекает ось абсцисс на отметке

Таблица 50

n1		n2		A1	A2	A3	A4	A5	KI		φ^*		q_1			q_2			α нач			K_{02}					Ru				П	NI		maRa.ж					Ek				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
0	6	0	4	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	·	5	E	5	9	0	0	·	0	0	0	0	0	0	0	0	2	·	7	E	6

№ п/п	Kim					Sim	α im					Rim					Zim	(EI)im					(EF)im					Pim		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	8	·	9	E	5	1	8	·	5	0	0	3	·	7	0	0	1	6	0	5	0	·	8	·	1	E	5	0	3	0
2	8	·	9	E	5	1	8	·	5	0	0	3	·	7	0	0	1	6	0	5	0	·	8	·	1	E	5	0	3	3
3	8	·	9	E	5	1	8	·	5	0	0	3	·	7	0	0	1	6	0	5	0	·	8	·	1	E	5	0	3	5
4	8	·	9	E	5	1	8	·	5	0	0	3	·	7	0	0	1	6	0	5	0	·	8	·	1	E	5	0	3	3
5	8	·	9	E	5	1	1	7	·	3	0	2	·	0	0	0	1	6	0	5	0	·	8	·	1	E	5	0	3	0
6	8	·	9	E	5	1	1	7	·	3	0	2	·	0	0	0	1	6	0	5	0	·	8	·	1	E	5	0	2	4
1	8	·	9	E	5	0	1	0	9	·	0	0	·	5	5	0	1	1	4	5	0	0	1	·	1	E	6	0	2	0
2	8	·	9	E	5	0	9	5	·	0	0	0	·	5	5	0	1	1	4	5	0	0	1	·	1	E	6	0	2	0
3	8	·	9	E	5	0	8	4	·	0	0	0	·	5	5	0	1	1	4	5	0	0	1	·	1	E	6	0	2	0
4	8	·	9	E	5	0	7	3	·	0	0	0	·	5	5	0	1	6	0	5	0	·	8	·	1	E	5	0	2	2

Таблица 51

Номер узла	Расчетные параметры						
	U (i, m), см	V(i, m), см	N(i, m), т	NS(i, m), т	M(i, m), тм	R(i, m), т	R1(i, m), т/м^2
0	0,1	0,0	−117	−168	0,6	−0	−0
1	0,1	−0,0	−117	−165	0,8	−6	−11
2	0,1	−0,0	−111	−155	1,9	−11	−20
3	0,0	−0,0	−100	−151	2,2	−13	−24
4	0,0	−0,0	−88	−168	0,4	−15	−27
5	0,0	−0,0	−75	−154	−1,4	−13	−22
6	0,0	−0,0	−60	−159	−0,8	−3	−9
0	0,0	−0,0	−13	−235	0,0	6	22
1	0,0	−0,0	−18	−32	3,2	−24	−44
2	0,0	−0,0	−41	−223	0,4	−12	−21
3	0,0	−0,0	−52	−222	−0,6	−6	−10
4	0,0	−0,0	−61	−220	−0,8	−2	−9

450 мм. Далее по этой же оси от начала координат откладываем смещения, реализуемые к моменту бетонировки крепи U_{t_1} =184 мм.

В рассматриваемом примере податливость крепи и забутовка отсутствуют, т. е. $U_З$ =0, $U_К$ =0. Из точки на оси абсцисс (184 мм) восстанавливаем перпендикуляр до пересечения со сплошной линией, выбранной по расчетному смещению. Ордината точки пересечения со сплошной линией определяет расчетную нагрузку на крепь: ρ=75 тс/м^2.

Аналогичным образом определяем расчетную нагрузку со стороны боков выработки, откладывая на оси абсцисс расчетное смещение U=270 мм и U_{t_1} =108 мм.

Расчетная боковая нагрузка составляет 68 тс/м^2. Расчетную нагрузку со стороны почвы принимаем равной 75 тс/м^2, так как смещения в кровле и почве равны. Определяем по графику (см. рис. 13) плотность установки двутавровых рам. При расчетной нагрузке 75 тс/м^2 и наличии профиля двутавра № 24 плотность $П$ составляет 2 рамы/1 п. м. Принимаем крепь с выположенным обратным сводом в кровле и почве выработки. В соответствии с п. 4.33 необходимо увеличить плотность на 25%. Таким образом, принимаем $П$=2,51 рамы/1 п. м. Окончательные габариты выработки с размещением в ней транспортных средств и оборудования выбираются по действующим типовым проектам для этого вида крепи.

Таким образом, участок квершлага 2, расположенный в песчанистых сланцах ($R_с$=650—750 кгс/см^2), необходимо закрепить жесткой железобетонной крепью с арматурой из двутавра № 24 при плотности установки рам $П$=2,5 рамы/1 п. м. На участке сечения VI в зоне влияния сопряжения необходимо дополнительно произвести цементацию пород.

Рассмотрим также случай для этого участка, когда выработка пройдена с небольшим перебором и при установке крепи применена забутовка толщиной 30 см.

В этом случае необходимо определить суммарное смещение, реализуемое до установки крепи U_{t_1} и за счет уплотнения забутовки $U_З$, а затем по номограмме (см. рис. 10) определить расчетную нагрузку на крепь по величине расчетного максимального смещения U поочередно в кровле, почве и боках выработки.

В соответствии с п. 4.32 принимаем величину усадки забутовки при ρ=75 тс/м^2 равной 20% от толщины слоя забутовки (30 см). Следовательно, величина $U_З$ составит 60 мм. Величина $U_{t_1}+U_З$ для кровли выработки составит 184+60=244 мм; для боков — 108+60=168 мм.

Пользуясь номограммой (см. рис. 10), определяем расчетную величину нагрузок на крепь с учетом совместного влияния U_{t_1} и $U_З$ поочередно в кровле, почве и боках выработки. Получаем $\rho_К$=63 тс/м^2; $\rho_П$=63 тс/м^2; $\rho_Б$=50 тс/м^2.

Наличие забутовки несколько снизило величину ρ, поэтому снова необходимо уточнить плотность установки двутавровых рам по графику (см. рис. 13) по максимальной величине ρ. Для профиля двутавра № 24 при $\rho=63$ тс/м^2 плотность составляет 1,5 рамы/1 п. м. С учетом применения выположенного обратного свода увеличиваем плотность на 25%, т. е. принимаем плотность 2 рамы/1 п. м.

Расчет замкнутой железобетонной крепи с жесткой арматурой для сечений III—VII

Рассмотрим два варианта расчета:

1) при отсутствии забутовки: $\Delta_3=0$;

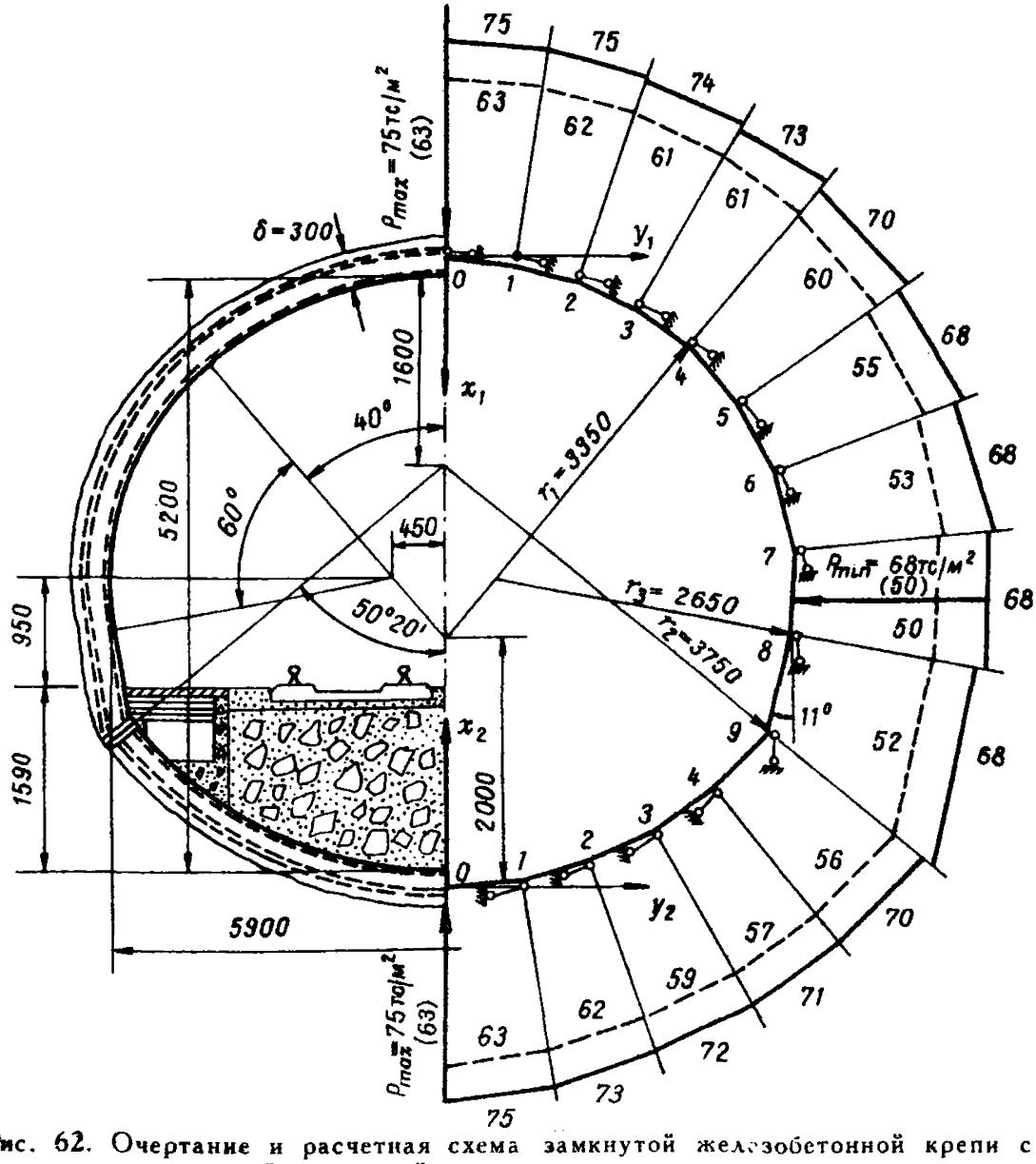


Рис. 62. Очертание и расчетная схема замкнутой железобетонной крепи с жесткой арматурой и выположенным сводом:

——— при расчете без забутовки. — — — при расчете с забутовкой

2) при толщине забутовки $\Delta_3 = 0{,}3$ м.

По габаритам выработки и по принятым конструктивным параметрам рисуем очертание крепи (рис. 62, левая половина).

Расчетная схема в соответствии с приложением 5 для железобетонной крепи принимается с касательным отпором (см. рис. 62, правая половина).

В I системе координат принимается разбивка осевой линии крепи на девять прямолинейных элементов, во II — на пять. Далее в соответствии с полученными нагрузками на крепь строятся эпюры нагрузок для двух вариантов (см. рис. 62). В расчетной схеме плавное очертание эпюры заменяется дискретным, при этом в пределах каждого элемента значение радиальной нагрузки принимается постоянным.

Очередность расчета принимается в соответствии с приложением 5.

Определяем коэффициент касательного отпора K_τ и величину E. Для песчанистых сланцев с $R_c^p = 6500$ тс/м^2 величина $E = 245\ 6500 + 1{,}24 \cdot 10^6 = 2{,}84 \cdot 10^6$ тс/м^2. Для случая без забутовки $\lambda_\tau = 1$.

$$K_\tau = \frac{2{,}84 \cdot 10^6}{1{,}5 \cdot 3{,}35} = 5{,}5 \cdot 10^5 \text{ тс/м}^2.$$

Для второго варианта расчета определяем λ_τ и K_τ в соответствии с приложением 5.

Предварительно находим величину относительного размера забутовочного слоя C_3 и, пользуясь графиком (см. рис. 57), определим λ_τ.

$$C_{3_1} = \frac{3{,}35 + 0{,}3}{3{,}35} = 1{,}09; \qquad \lambda_\tau = 0{,}025.$$

$$C_{3_2} = \frac{2{,}65 + 0{,}3}{2{,}65} = 1{,}13; \qquad \lambda_\tau = 0{,}015.$$

$$C_{3_2} = \frac{3{,}75 + 0{,}3}{3{,}75} = 1{,}08; \qquad \lambda_\tau = 0{,}030.$$

Величина K_τ для второго варианта расчета будет равна:

$$K_\tau = \frac{2{,}84 \cdot 10^6}{1{,}5 \cdot 3{,}35} = 5500 \cdot 0{,}025 = 13800 \text{ тс/м}^2;$$

$$K_\tau = \frac{2{,}84 \cdot 10^6}{1{,}5 \cdot 2{,}65} = 7{,}15 \cdot 10^5 \cdot 0{,}015 = 10800 \text{ тс/м}^2;$$

$$K_\tau = \frac{2{,}84 : 10^6}{1{,}5 \cdot 3{,}75} = 5 \cdot 10^5 \cdot 0{,}030 = 15000 \text{ тс/м}^2.$$

Таблица 52

n1		n2		A1	A2	A3	A4	A5	KI		φ^*		q_1			q_2			α нач			K02				Ru				П	NI		maRa,ж					Ek				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
0	9	0	5	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	2	4	1	7	0	0	0	3	·	1	E	6

№ п/п	Kim					Sim	α im					Rim					Zim	(EI)im					(EF)im					Pim		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	5	·	5	E	5	1	1	0	·	0	0	3	·	3	5	0	1	6	9	5	0	·	9	·	3	E	5	0	7	5
2	5	·	5	E	5	1	1	0	·	0	0	3	·	3	5	0	1	6	9	5	0	·	9	·	3	E	5	0	7	5
3	5	·	5	E	5	1	1	0	·	0	0	3	·	3	5	0	1	6	9	5	0	·	9	·	3	E	5	0	7	4
4	5	·	5	E	5	1	1	0	·	0	0	3	·	3	5	0	1	6	9	5	0	·	9	·	3	E	5	0	7	3
5	5	·	5	E	5	1	1	5	·	0	0	2	·	6	5	0	1	6	9	5	0	·	9	·	3	E	5	0	7	0
6	5	·	5	E	5	1	1	5	·	0	0	2	·	6	5	0	1	6	9	5	0	·	9	·	3	E	5	0	6	8
7	5	·	5	E	5	1	1	5	·	0	0	2	·	6	5	0	1	6	9	5	0	·	9	·	3	E	5	0	6	8
8	5	·	5	E	5	1	1	5	·	0	0	2	·	6	5	0	1	6	9	5	0	·	9	·	3	E	5	0	6	8
9	5	·	5	E	5	0	-	1	1	·	0	0	·	8	0	0	1	6	9	5	0	·	9	·	3	E	5	0	6	8
1	5	·	5	E	5	1	1	0	·	0	0	3	·	7	5	0	1	6	9	5	0	·	9	·	3	E	5	0	7	5
2	5	·	5	E	5	1	1	0	·	0	0	3	·	7	5	0	1	6	9	5	0	·	9	·	3	E	5	0	7	3
3	5	·	5	E	5	1	1	0	·	0	0	3	·	7	5	0	1	6	9	5	0	·	9	·	3	E	5	0	7	2
4	5	·	5	E	5	1	1	0	·	0	0	3	·	7	5	0	1	6	9	5	0	·	9	·	3	E	5	0	7	1
5	5	·	5	E	5	1	1	0	·	0	0	3	·	7	5	0	1	6	9	5	0	·	9	·	3	E	5	0	7	0

Таблица 53

n1		n2		A1	A2	A3	A4	A5	K1		φ°		q_1			q_2			$\alpha_{нач}$	K02					Ru				П	N1		maRa.ж					Ek				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
0	9	0	5	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	2	4	1	7	0	0	0	3	·	1	E	6

№ вар	Kim					Sim	α im					Rim					Zim	(EI)im					(EF)im					Pim		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	1	3	8	0	0	1	1	0	·	0	0	3	·	3	5	0	1	6	9	5	0	·	9	·	3	E	5	0	6	3
2	1	3	8	0	0	1	1	0	·	0	0	3	·	3	5	0	1	6	9	5	0	·	9	·	3	E	5	0	6	2
3	1	3	8	0	0	1	1	0	·	0	0	3	·	3	5	0	1	6	9	5	0	·	9	·	3	E	5	0	6	1
4	1	3	8	0	0	1	1	0	·	0	0	3	·	3	5	0	1	6	9	5	0	·	9	·	3	E	5	0	6	1
5	1	0	8	0	0	1	1	5	·	0	0	2	·	6	5	0	1	6	9	5	0	·	9	·	3	E	5	0	6	0
6	1	0	8	0	0	1	1	5	·	0	0	2	·	6	5	0	1	6	9	5	0	·	9	·	3	E	5	0	5	5
7	1	0	8	0	0	1	1	5	·	0	0	2	·	6	5	0	1	6	9	5	0	·	9	·	3	E	5	0	5	3
8	1	0	8	0	0	1	1	5	·	0	0	2	·	6	5	0	1	6	9	5	0	·	9	·	3	E	5	0	5	0
9	1	0	8	0	0	0	3	4	9	·	0	0	·	8	0	0	1	6	9	5	0	·	9	·	3	E	5	0	5	2
1	1	5	0	0	0	1	1	0	·	0	0	3	·	7	5	0	1	6	9	5	0	·	9	·	3	E	5	0	6	3
2	1	5	0	0	0	1	1	0	·	0	0	3	·	7	5	0	1	6	9	5	0	·	9	·	3	E	5	0	6	2
3	1	5	0	0	0	1	1	0	·	0	0	3	·	7	5	0	1	6	9	5	0	·	9	·	3	E	5	0	5	9
4	1	5	0	0	0	1	1	0	·	0	0	3	·	7	5	0	1	6	9	5	0	·	9	·	3	E	5	0	5	7
5	1	5	0	0	0	1	1	0	·	0	0	3	·	7	5	0	1	6	9	5	0	·	9	·	3	E	5	0	5	6

Таблица 54

Номер узла	Расчетные параметры						
	U(i, m), см	V(i, m), см	N(i, m), т	NS(i, m), т	M(i, m), тм	R(i, m), т	R1(i, m), т/м^2
0	0,1	0,0	−247	−396	1,2	−0	−0
1	0,1	−0,0	−247	−397	1,1	−7	−11
2	0,1	−0,0	−241	−389	1,7	−11	−20
3	0,1	−0,0	−230	−385	1,9	−13	−22
4	0,1	−0,0	−218	−407	0,3	−15	−23
5	0,0	−0,0	−204	−291	−1,1	−11	−16
6	0,0	−0,1	−193	−406	0,3	−10	−15
7	0,0	−0,1	−183	−356	3,4	−15	−21
8	−0,0	−0,0	−168	−305	7,0	−10	−13
9	−0,0	−0,0	−168	−196	−11,0	8	20
0	0,1	0,0	−276	−388	2,0	−0	−0
1	0,1	−0,0	−277	−390	1,9	17	25
2	0,1	−0,0	−260	−365	4,0	30	45
3	0,1	−0,0	−232	−341	5,7	35	54
4	0,0	−0,0	−199	−372	2,5	26	40
5	0,0	−0,0	−170	−197	−11,0	6	20

Таблица 55

Номер узла	Расчетные параметры						
	U(i, m), см	V(i, m), см	N(i, m), т	NS(i, m), т	M(i, m), тм	R(i, m), т	R1(i, m), $т/м^2$
0	0,4	0,0	−201	−324	6,6	−0	−0
1	0,4	−0,0	−202	−328	6,2	−5	−8
2	0,4	−0,0	−197	−331	5,8	−9	−15
3	0,3	0,0	−189	−338	4,9	−12	−21
4	0,2	0,0	−178	−365	2,7	−16	−24
5	0,1	0,1	−164	−295	−0,6	−13	−19
6	0,1	0,2	−153	−261	−3,0	−10	−15
7	0,0	0,3	−144	−240	−4,6	−5	−7
8	0,0	0,3	140	−225	−5,9	−0	−0
9	0,0	0,3	−147	−144	−22,1	−5	−13
0	0,6	0,0	−205	−249	16,1	−0	−0
1	0,6	−0,0	−205	−260	14,4	9	14
2	0,4	0,0	−198	−283	10,8	16	24
3	0,3	0,1	−185	−343	4,4	20	31
4	0,1	0,2	−168	−235	−5,9	20	31
5	−0,0	0,3	−146	−242	−22,1	−6	−18

Определяем приведенный модуль упругости железобетонной крепи с жесткой арматурой по формуле (80):

$$E_к = 2{,}65 \cdot 10^6 + \frac{2{,}1 \cdot 10^7 \cdot 2 \cdot 34{,}8}{30 \cdot 100} = 3{,}1 \cdot 10^6 \text{ тс/м}^2.$$

Заполняем таблицы исходных данных в соответствии с рекомендациями приложения 5 для первого варианта (табл. 52) и для второго (табл. 53).

Результаты расчета, представленные соответственно в табл. 54 и 55, свидетельствуют, что для всех узлов конструкции в обоих вариантах предельная способность крепи NS оказалась больше расчетной нормальной силы N, т. е. условие прочности выполняется для всей крепи.

Сопоставление предельной несущей способности крепи в первом и втором вариантах показало, что, несмотря на снижение расчетных нагрузок на крепь во втором варианте за счет податливости забутовки, предельная несущая способность крепи, устанавливаемой без забутовки, в целом оказалась выше.

Приложение 7

ПРИМЕРЫ ВЫБОРА СПОСОБОВ ОХРАНЫ, ТИПА И ПАРАМЕТРОВ КРЕПИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

Пример 1. Выбор способа охраны, типа и параметров крепи основного откаточного штрека

Условия:

Глубина расположения выработки $H=800$ м, мощность разрабатываемого пласта $m=1{,}5$ м.

Расчетная прочность пород кровли $R^{p}_{c_{кр}}=280$ кгс/см^2, расчетная прочность пород непосредственной почвы $R^{p}_{c_{п}}=220$ кгс/см^2 (средняя прочность вмещающих пород $R^{p}_{c}=250$ кгс/см^2).

Породы не обводнены. В основной почве на расстоянии 7—45 м от пласта залегают породы с прочностью $R^{p}_{c}=800$ кгс/см^2.

Выработка проводится буровзрывным способом. Площадь сечения в свету после осадки $S=12$ м^2. Срок службы выработки $t=10$ лет. Пласты пологопадающие. Транспортировка угля производится конвейерами.

Решение

1. Оценивается возможность проведения выработки по пласту угля с охраной ее целиками угля больших размеров в соответствии с положениями п. 5.8. Определяется отношение $\gamma H/R^{p}_{c}$, которое равно $2{,}5\cdot 800/2200=0{,}9$. Следовательно, согласно п. 5.7 породы почвы относятся к пучащим. В этих условиях оценивается возможность применения способа охраны выработки целиками угля. Из табл. 15 принимаются размеры целиков, равные по 60 м с обеих сторон выработки.

2. Рассчитываются смещения пород по формуле (29):

$$U_{общ}=k_{пр}\,(U_{пр}+12v_0\,k_t)k_s\;k_m\cdot$$

$k_{пр}=1$ (п. 5.10), $U_{пр}=500$ мм (рис. 15, *а*), $v_0=22$ м/мес (рис. 15, *б*), $k_s=1{,}1$ (табл. 17), $k_m=0{,}8$ (табл. 18), $k_t=1{,}45$ (интерполяция данных табл. 16).

$$U_{общ}=1(500+12\cdot 22\cdot 1{,}45)\cdot 1{,}4\cdot 0{,}8=990\text{ мм}.$$

Определяются смещения пород кровли и почвы по формулам (30) и (31):

$$U_{кр} = U_{общ}\, k_к;\quad U_п = U_{общ}(1 - k_к),$$

$k_к = 0{,}45$ (интерполяция данных графика рис. 16).

$$U_{кр} = 780 \cdot 0{,}45 = 350 \text{ мм};\quad U_п = 780(1 - 0{,}45) = 430 \text{ мм}.$$

Учитывая, что величина пучения пород почвы несколько больше допускаемой положениями пп. 5.17 и 5.18, для данного случая следует рассмотреть возможность применения нескольких вариантов способов охраны выработок.

3. При возможности допущения подрывки пород почвы следует применять крепь в соответствии с положениями п. 5.19 на основании расчетных смещений пород кровли с учетом пучения пород почвы, которые составляют:

$$U_{кр} + \Delta U_п = 350 + 150 = 500 \text{ мм (см. табл. 21)}.$$

Для этих условий принимается пятизвенная арочная крепь с длиной ножки 800 мм. В соответствии с требованиями Типовых проектов сечений горных выработок плотность установки этой крепи принимается равной 1,1 рамы на 1 м выработки.

С целью уменьшения вредного влияния пучения пород следует предусмотреть установку под рамы крепи ремонтин, опирающихся на лежаны.

4. Для обеспечения безремонтного поддержания выработки следует рассмотреть возможность применения способа охраны выработки путем проведения ее полевой в почве пласта в прочных породах с последующей надработкой.

5. При охране выработки путем проведения ее полевой определяется средневзвешенная прочность пород почвы в соответствии с положениями пп. 4.6—4.8:

$$R_{ср} = (7 \cdot 220 + 38 \cdot 800)/45 = 700 \text{ кгс/см}^2.$$

Срок службы выработки до влияния очистных работ надрабатывающей лавы принимается равным $t_0 = 1$ год, после надработки — согласно условию $t_1 = 10$ лет.

6. Определяются расчетные смещения пород по формуле (32) с учетом выемки пласта над полевой выработкой:

$$U_{н\,общ} = k_s [0{,}4 k_{пр} (U_{пр} + 12 v_0) + (U_{1н} + 12 v_{1н}\, k_t)],$$

$k_s = 1{,}1$ (табл. 17), $k_{пр} = 1$ (п. 5.10), $U_{пр} = 130$ мм (рис. 15, *а* для $R_{ср} = 700$ кгс/см^2), $v_0 = 5$ мм/мес (рис. 15, *б* для $R_{ср} = 700$ кгс/см^2), $k_t = 1{,}45$ (табл. 16), $U_{1н} = f(h_н)$, $v_{1н} = f(h_н)$, где $h_н$ — глубина заложения выработки, м. $U_{1н}$ определяется по номограмме (рис. 17), $v_{1н}$ — по номограмме (рис. 18). Величины $U_{1н}$ и $v_{1н}$ приведены в табл. 56.

Таблица 56

Глубина заложения полевой выработки, м	$U_{1н}$, мм	$v_{1н}$, мм/мес
30	180	6
20	300	8
10	500	11

Расчетные смещения пород в полевой выработке составляют:

$$U_{н\,общ} = 85 + 205 = 290 \text{ мм при } h_н = 30 \text{ м},$$

$$U_{н\,общ} = 85 + 435 = 520 \text{ мм при } h_н = 20 \text{ м},$$

$$U_{н\,общ} = 85 + 695 = 780 \text{ мм при } h_н = 10 \text{ м}.$$

Смещения пород кровли и почвы, ввиду их одинаковой прочности, принимаются равными половине общего смещения пород, т. е.:

$$U_{кр} = U_п = 145 \text{ мм при } h_н = 30 \text{ м},$$

$$U_{кр} = U_п = 260 \text{ мм при } h_н = 20 \text{ м},$$

$$U_{кр} = U_п = 390 \text{ мм при } h_н = 10 \text{ м}.$$

В соответствии с положениями п. 5.17 глубина заложения полевой выработки от пласта, обеспечивающая ее безремонтное поддержание, должна быть равна 10 м или более.

7. Выбор типа и параметров крепи полевой выработки производится исходя из условий пп. 5.17 и 5.18 согласно положениям п. 5.19.

При $h_н = 10$ м принимается арочная пятизвенная крепь с длиной ножки 600 мм. Плотность установки крепи — 0,8 рамы на 1 м выработки.

При $h_н = 20$ м и более принимается арочная трехзвенная крепь с плотностью ее установки, равной 0,8 рамы на 1 м выработки.

8. Окончательный способ охраны выработки и параметры ее расположения выбираются на основе технико-экономического анализа.

Пример 2. Выбор способа охраны, типа и параметров крепи выемочного откаточного штрека

Условия:

Глубина расположения выработки $H = 600$ м, мощность разрабатываемого пласта $m = 2{,}5$ м.

В кровле залегают глинистый сланец (m=1,5 м, R_c=200 кгс/см^2), песчаник (m=1,5 м, R_c=800 кгс/см^2), глинистый сланец (m=10 м, R_c=300 кгс/см^2). Кровля относится к категории среднеобрушающихся. В почве пласта залегает глинистый сланец (m=7 м, R_c=450 кгс/см^2). Породы не обводнены. Площадь сечения выработки S=8 м^2. Срок службы t=2 года, из них до влияния очистных работ t_0=1 год и в зоне влияния остаточного опорного давления t_1=1 год. Способ проведения выработки — буровзрывной. Транспортировка угля производится конвейерами.

Решение

1. Производится оценка геологических условий.

Средняя расчетная прочность пород равна:

$$R_c^p = 430 \quad \text{кгс/см}^2.$$

Оценивается степень пучения пород почвы:

$$\frac{2{,}5\gamma H}{R_c^p} = \frac{2{,}5 \cdot 2{,}5 \cdot 600}{4500} = 0{,}83.$$

Согласно п. 5.7 породы относятся к пучащим.

2. Выбирается возможный способ охраны выработки. Так как породы почвы относятся к пучащим, то для охраны выработки следует применять способ проведения ее вприсечку к выработанному пространству. Однако, исходя из условий эксплуатации, в соответствии с п. 6.9 необходимо все же произвести проверку на возможность применения более предпочтительного способа охраны выработки искусственными ограждениями для ее повторного использования.

3. Выбирается вид искусственного ограждения. В соответствии с положениями п. 6.15 принимается искусственное ограждение в виде деревянной органной крепи.

4. Расчет необходимого числа стоек в органном ряде на 1 м протяженности выработки производится по формуле (43):

$$П = \frac{1{,}5\rho}{P_{орг}} = \frac{1{,}5 \cdot 220}{20} = 17 \text{ стоек.}$$

где ρ=220 тс/м (табл. 23), $P_{орг}$=20 тс (п. 6.18).

Стойки следует располагать кустами по 5—6 стоек в кусте, устанавливая их под брусья и на лежаны толщиной 15 см.

5. Определяются расчетные смещения пород кровли и почвы в соответствии с положениями п. 6.23 по формулам (46) и (47):

$$U_{кр} = k_к k_s k_m (U_0 + U_1) + k_п m;$$

$$U_п = k_s k_т [(1 - k_к)(U_0 + U_1) + (U_1^{ост} + U_2)] - k_п m,$$

$k_к = 0{,}55$ (интерполяция по графику рис. 16).

$$U_0 = k_{пр}(U_{пр} + v_0 t_0),$$

$k_{пр} = 1$ (п. 5.10), $U_{пр} = 170$ мм (рис. 15, *а*), $v_0 = 6{,}7$ мм/мес (рис. 15, *б*), $U_0 = 1(170 + 6{,}7 \cdot 12) \approx 250$ мм, $U_1 = 500$ мм (рис. 26), $k_s = 0{,}9$ (табл. 17), $k_т = 1{,}1$ (табл. 18).

$$U_1^{ост} = (U_{1табл}^{ост} + v_1^{ост} t_1) k_{кр},$$

$U_{1табл}^{ост} = 230$ мм (рис. 27), $v_1^{ост} = 50$ мм/мес (рис. 28), $k_{кр} = 1$ (табл. 26).

$$U_1^{ост} = (230 + 50 \cdot 12) \cdot 1 = 830 \text{ мм},$$

$U_2 = 1{,}4 \cdot U_1 = 1{,}4 \cdot 500 = 700$ мм, формула (50), $k_s = 0{,}9$ (табл. 17), $k_т = 1{,}1$ (табл. 18), $k_п = 0{,}30$ (п. 6.23).

$$U_{кр} = 0{,}55(250 + 500) \cdot 0{,}9 \cdot 1{,}1 + 0{,}30 \cdot 2500 = 1160 \text{ мм};$$

$$U_п = (1 - 0{,}55) \cdot (250 + 500) \cdot 0{,}9 \cdot 1{,}1 +$$

$$+ (830 + 700) \cdot 0{,}9 \cdot 1{,}1 - 0{,}30 \cdot 2500 = 1130 \text{ мм}.$$

6. Учитывая, что в зоне влияния очистных работ необходимо устанавливать крепь усиления (п. 6.14), в данном случае с несущей способностью не менее 20 тс/м, смещения пород кровли и почвы будут на 30% меньше, т. е.

$$U_{кр} = (1 - 0{,}3) \cdot 1160 = 740 \text{ мм};$$

$$U_п = (1 - 0{,}3) \cdot 1130 = 790 \text{ мм}.$$

Большая величина пучения пород почвы при охране выработки искусственными ограждениями заставляет выбрать способ охраны выработки путем проведения ее вприсечку к выработанному пространству с применением схемы полной присечки. Требования к этому способу изложены в п. 6.25.

7. Определяются расчетные смещения пород по формуле (52), исходя из условия $t = 2$ года:

$$U_{общ} = (U'_{пр} + 12 v'_0 k_t + U'_1) k_{кр} k_s k_т,$$

$U'_{пр} = 150$ мм (рис. 31), $v'_0 = 50$ мм/мес (рис. 32), $U'_1 = 360$ мм (рис. 33), $k_{кр} = 1$ (табл. 26), $k_s = 0{,}9$ (табл. 17), $k_т = 1{,}1$ (табл. 18), $k_t = 1{,}03$ (табл. 16).

$$U_{общ} = (150 + 50 \cdot 12 \cdot 1{,}03 + 360) \cdot 1 \cdot 0{,}9 \cdot 1{,}1 = 1100 \text{ мм};$$

$$U_{кр} = 0{,}55 \cdot 1100 = 600 \text{ мм};$$

$$U_{п} = (1 - 0{,}55) \cdot 1100 = 500 \text{ мм}.$$

С учетом влияния крепи усиления смещения пород будут равны:
— при несущей способности крепи усиления 10 тс/м:

$$U_{кр} = (1 - 0{,}2) \cdot 600 = 480 \text{ мм};$$

$$U_{п} = (1 - 0{,}2) \cdot 500 = 400 \text{ мм};$$

— при несущей способности крепи усиления 20 тс/м:

$$U_{кр} = (1 - 0{,}3) \cdot 600 = 420 \text{ мм};$$

$$U_{п} = (1 - 0{,}3) \cdot 500 = 350 \text{ мм}.$$

8. В соответствии с условиями пп. 5.17 и 5.18 на основании положений пп. 5.19 и 6.13 для выработки, проведенной вприсечку к выработанному пространству, безремонтное поддержание обеспечивается арочной пятизвенной крепью с ножкой длиной 800 мм. Плотность установки крепи должна составлять 1 рама на 1 м.

7. ОХРАНА И ПОДДЕРЖАНИЕ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ РАЗРАБОТКЕ СВИТЫ ПОЛОГИХ И НАКЛОННЫХ ТОНКИХ И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ ПЛАСТОВ

Основные положения

7.1. Разработка угольного пласта в свите оказывает влияние на выемку смежных (соседних) пластов, подрабатывая вышележащие или надрабатывая нижележащие, поэтому пласты угля в свите следует подготавливать и отрабатывать в определенном порядке с регламентируемыми интервалами во времени и пространстве.

7.2. По способу подготовки пластов в свите различаются:

— раздельный, при котором подготовительные выработки используются только для отработки данного пласта;

— групповой, при котором для отработки нескольких пластов используются групповые полевые выработки или выработки одного из пластов.

По порядку отработки пластов в свите:

1. С учетом расположения горных работ в пласте:

— нисходящий, когда отработка вышележащего пласта опережает отработку нижележащего пласта;

— восходящий, когда отработка нижележащего пласта опережает отработку вышележащего пласта;

— смешанный (при трех и более пластах в свите), когда отработка одного из них приводит к одновременной надработке и подработке других пластов.

2. С учетом времени выемки пластов:

— последовательный, при котором разработка следующего пласта в пределах выемочного блока, яруса или этажа производится после отработки предыдущего;

— одновременный, при котором очистные работы в тех же пределах ведутся сразу на нескольких пластах с некоторым опережением на одном (или нескольких) из них.

7.3. При выборе способа подготовки, порядка и времени отработки пластов в свите, наряду с обеспечением ряда регламентирующих требований (необходимость первоочередной отработки защитного пласта для предупреждения газодинамических явлений, улучшение условий управления горным давлением в очистных забоях

при труднообрушаемых кровлях, возможность последующей выемки подработанного пласта, оптимальность схем вентиляции, транспорта и др.), следует также обеспечивать безремонтное поддержание подготовительных выработок в течение всего срока службы за счет рационального их расположения, выбора соответствующих способов охраны, типов и параметров крепи.

7.4. При выборе порядка отработки пластов и мест расположения подготовительных выработок вне вынимаемого пласта необходимо руководствоваться следующими положениями:

— разработку свиты пластов следует, как правило, производить в нисходящем порядке;

— оставление целиков угля для охраны выемочных выработок независимо от принятого порядка отработки и способа подготовки свиты пластов, как правило, не допускается;

— полевые и пластовые подготовительные выработки следует располагать в ранее надработанном или подработанном массиве;

— полевые подготовительные выработки следует располагать в однородных устойчивых породах за пределами зоны вредного влияния впоследствии разрабатываемых пластов на расстояниях, превышающих значения безопасной глубины надработки или безопасной высоты подработки. Выбор способов охраны и параметров крепи таких выработок следует производить по гл. 5.

7.5. Полевые и пластовые выработки, располагающиеся на расстояниях меньших безопасной глубины надработки или безопасной высоты подработки, подвергаются влиянию отработки выше или ниже расположенного пласта, что необходимо учитывать при выборе крепи. В этом случае следует правильно выбирать взаимное расположение границ очистных работ относительно имеющихся выработок, обеспечивающее их полную надработку или подработку.

7.6. Выбор способа охраны выработок при предварительной или последующей над- подработке, типа и параметров крепи производится в следующей последовательности:

— исходя из технической и экономической целесообразности, выбираются места заложения выработок;

— определяется расчетная прочность вмещающих пород;

— для пластовых выработок, подвергающихся дополнительному воздействию очистных работ собственного пласта, производится выбор способа их охраны;

— определяются расчетные смещения пород на контуре выработок;

— по величинам смещений выбираются тип и параметры крепи, обеспечивающие безремонтное поддержание выработок;

— при подработке выработок определяются их абсолютные опускания и максимальные наклоны в местах перегиба;

— окончательные параметры крепи принимаются в соответствии с действующими Типовыми проектами.

Выбор места заложения подготовительных выработок при выемке свиты пластов

7.7. Подготовительные выработки следует проводить в надработанном (подработанном) массиве. От неподвижной границы очистных работ (кромки массива угля) вышележащих или нижележащих пластов выработки следует удалять в сторону выработанного пространства в надработанном массиве на расстояние $l_н = h_н$, но не менее 10 и не более 40 м, в подработанном массиве на расстояние $l_п = l_ш + 0{,}2h_п$, но не менее 40 м, где $h_н$, $h_п$ — соответственно расстояние от надрабатывающего или подрабатывающего пласта до надрабатываемой (подрабатываемой) выработки, м (рис. 63, *а*); $l_ш$ — шаг обрушения основной кровли подрабатывающего пласта, м.

7.8. При необходимости надработки (подработки) ранее проведенных выработок очистные работы следует планировать так, чтобы охраняемые выработки попадали в зону полной надработки (подработки). В этом случае кромки намечаемого выработанного пространства должны располагаться по аналогии с п. 7.7 на расстояниях $l_н$ или $l_п$ от надрабатываемых (подрабатываемых) выработок.

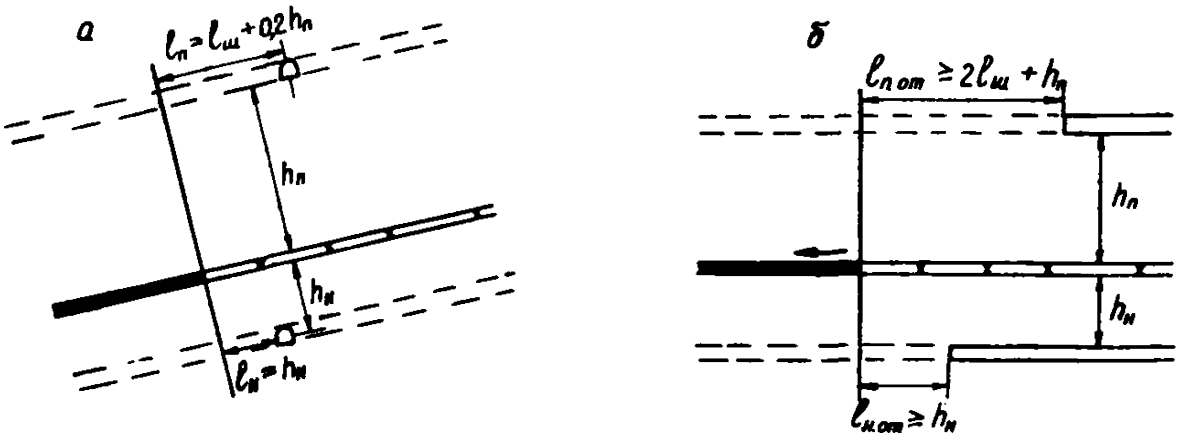


Рис. 63. Схемы расположения полевых или пластовых выработок при разработке свит пластов:

а — разрез вкрест простирания пород; *б* — разрез по простиранию

7.9. При проведении выработок над или под выработанным пространством их отставание от очистных работ вышележащего (нижележащего) пластов следует принимать (рис. 63, *б*):

— под пластом на расстояние по нормали $l_{н.от} \geq h_н$, но не менее 20 м;

— над пластом на расстояние $l_{п.от} \geq 2l_ш + h_п$, но не менее 50 м.

Выбор типа и параметров крепи выработок при их надработке, подработке и проведении в разгруженном массиве

7.10. Выбор типа и параметров крепи полевых надрабатываемых выработок следует производить согласно пп. 5.17—5.20 на основании расчета смещений пород по формуле (32), а пластовых надрабатываемых выработок, не подвергающихся влиянию очистных работ собственного пласта по формуле:

$$U_{общ} = (U_0 + U_н + 12V_н k_t)k_s \; k_m , \qquad (88)$$

где U_0 — смещение пород вне зоны влияния очистных работ, мм (см. формулы (41) или (42); $U_н$ — смещения пород в полевой или пластовой выработке, находящейся в зоне влияния временного опорного давления надрабатывающей лавы, определяемые по номо-

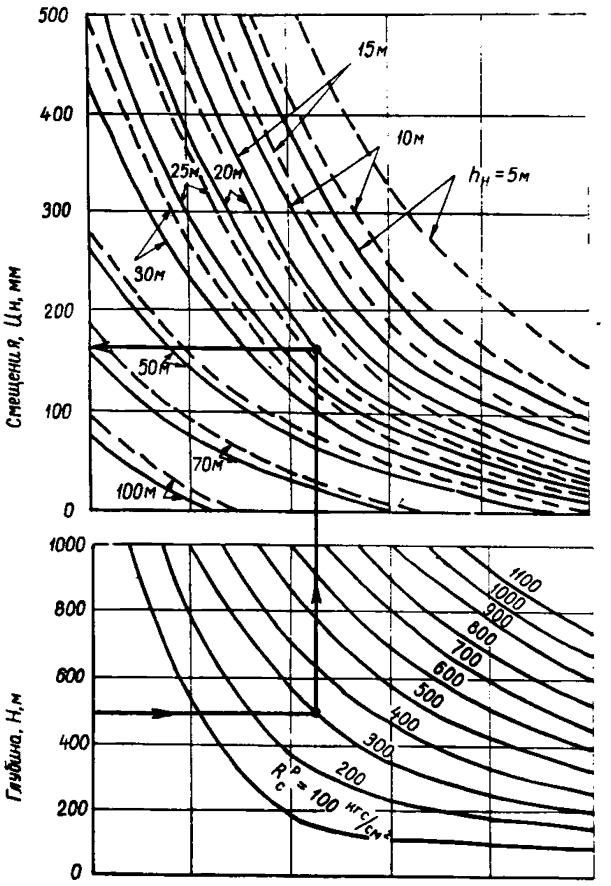


Рис. 64. Номограмма для определения смещений пород в надрабатываемых полевых (сплошная кривая) и пластовых (пунктирная кривая) выработках

грамме (рис. 64) в зависимости от глубины заложения выработки (H), расчетной прочности пород R_c^p и глубины надработки $h_н$ мм; $V_н$ — средняя скорость смещения пород в полевой или пластовой выработке, находящейся в надработанном массиве, мм/мес (см. рис. 65); k_t — коэффициент влияния времени поддержания (см. табл. 16); k_s — коэффициент, учитывающий влияние площади сечения выработки (см. табл. 17); k_m — коэффициент, учитывающий влияние мощности пласта, по которому проведена выработка (см. табл. 18).

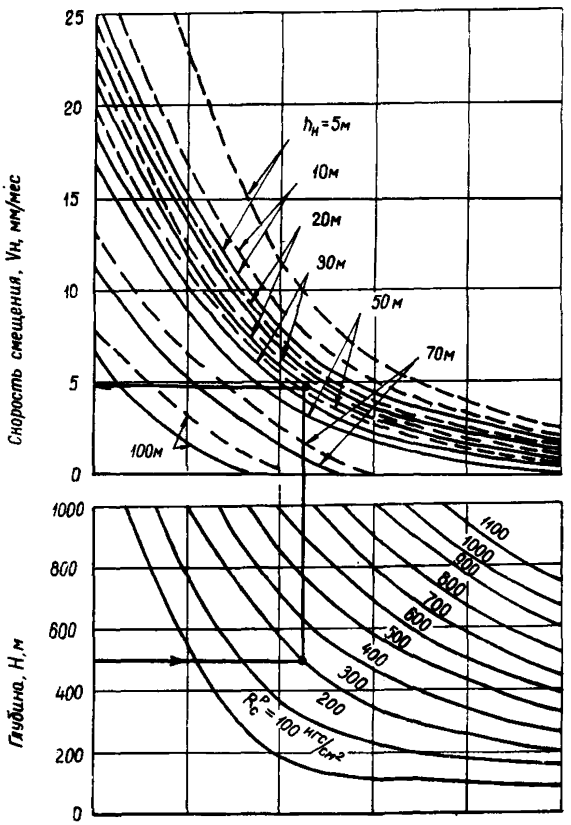


Рис. 65. Номограмма для определения скорости смещений пород в надрабатываемых полевых (сплошная кривая) и пластовых (пунктирная кривая) выработках

Пример выбора типа и параметров крепи приведен в приложении 8 (пример 1).

7.11. Выбор типа и параметров крепи пластовых надрабатываемых выработок, подвергающихся впоследствии влиянию очистных работ собственного пласта, следует производить согласно пп. 5.17—5.20 на основании расчета смещений по формуле:

$$U_{общ} = (U_0 + U_н + 12V_н k_t)k_s k_m + Uk_{рн}, \qquad (89)$$

где U — смещения пород на контуре выработки под влиянием очистных работ собственного пласта, зависящие от способа ее охраны.

При охране выработок в массиве впереди очистного забоя с погашением за забоем лавы:

$$U = U_л k_s k_m k_{кр};$$

— при способе охраны выработок, поддерживаемых позади забоя лавы для повторного использования

$$U = (2{,}4U_1 k_{кр} + U_1^{ост})k_s k_m,$$

где U_1 — смещения пород в зоне временного опорного давления, мм (см. рис. 26); $k_{кр}$ — коэффициент влияния типа кровли по обрушаемости (см. табл. 20); $U_1^{ост}$ — смещения пород в зоне влияния остаточного опорного давления позади лавы, мм (см. п. 6.23); $k_{р.н}$ — коэффициент, учитывающий разгрузку надработанного массива в зависимости от расстояний до надрабатывающего пласта по нормали (табл. 57).

7.12. Выбор типа и параметров крепи полевых подрабатываемых выработок следует производить согласно пп. 5.17—5.20 на основании расчета смещений пород по формуле:

$$U_{общ} = 0{,}4(U_0 + U_{пд} k_л k_t^п k_m^п)k_s, \qquad (90)$$

Таблица 57

$h_н$, м	5	10	20	30	40	50	70	100
$k_{р.н}$	0,40	0,50	0,65	0,80	0,90	0,95	0,97	1,00

а для пластовых подрабатываемых выработках, не подвергающихся влиянию очистных работ собственного пласта, по формуле:

$$U_{общ} = (U_0 + U_{пд} k_л k_t^п k_m^п)k_s k_m, \qquad (91)$$

$U_{пд}$ — смещения пород в полностью подрабатываемой выработке (мм), (рис. 66) в зависимости от глубины заложения выработки H, расчетной прочности пород $R_c^р$ и высоты подработки $h_п$; $k_л$ — коэффициент, учитывающий литологический состав толщи пород

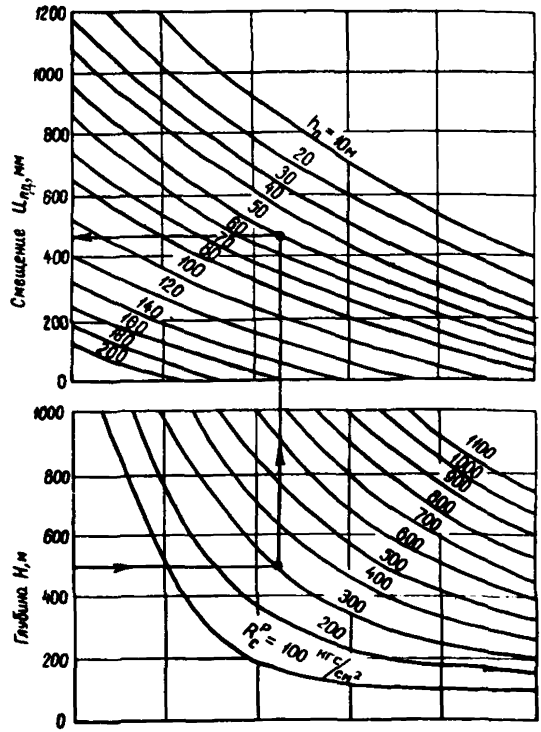


Рис. 66. Номограмма для определения смещений пород в подрабатываемой выработке

между выработкой и подрабатывающим пластом, определяемый в зависимости от удельного веса прочных пород (табл. 58); k_t^n — коэффициент влияния времени поддержания подработанной выработки; k_t^n соответственно при t=1; 2; 3; 4; 5 лет равен 1,0; 1,05; 1,1; 1,2; k_m^n — коэффициент влияния мощности подрабатывающего пласта (см. табл. 18).

Пример выбора крепи подрабатываемой полевой выработки приведен в приложении 8 (пример 2).

7.13. Выбор типа и параметров крепи пластовых подрабатываемых выработок, подвергающихся впоследствии влиянию очистных работ собственного пласта, следует производить согласно пп. 5.17—5.20 на основании расчета смещений по формуле:

$$U_{общ} = (U_0 + U_{пд}\, k_л\, k_t^n\, k_m^n)\, k_s\, k_m + U k_{рп}, \qquad (92)$$

Таблица 58

Удельный вес песчаника и известняка в толще, %	$k_л$	Коэффициент разгрузки $K_{рп}$ в зависимости от высоты подработки, м					
		10	20	40	60	80	100
до 50	1,0	0,52	0,53	0,55	0,57	0,60	0,64
51–75	0,9	0,58	0,60	0,62	0,64	0,66	0,69
76–100	0,8	0,65	0,66	0,68	0,70	0,72	0,75

Продолжение табл. 58

Удельный вес песчаника и известняка в толще, %	$k_л$	Коэффициент разгрузки $K_{рп}$ в зависимости от высоты подработки, м				
		120	140	160	180	200
до 50	1,0	0,68	0,73	0,80	0,88	1,0
51–75	0,9	0,73	0,83	0,83	0,90	1,0
76–100	0,8	0,78	0,82	0,87	0,92	1,0

где U — величина смещений пород в зависимости от способа охраны выработки, принимаемая по п. 7.11; $k_{рп}$ — коэффициент, учитывающий разгрузку подработанного массива в зависимости от расстояния до подрабатывающего пласта по нормали и состава пород междупластья (см. табл. 58).

7.14. Выбор типа и параметров крепи в полевых выработках, проведенных в ранее надработанном массиве, следует производить согласно пп. 5.17—5.20 на основании расчета смещений пород по формуле:

$$U_{общ} = 0{,}4 U_0 k_s k_{рн}, \qquad (93)$$

а для пластовых выработок, не подвергающихся влиянию очистных работ собственного пласта, по формуле:

$$U_{общ} = U_0 k_s k_m k_{рн}. \qquad (94)$$

7.15. Выбор типа и параметров крепи пластовых выработок, проведенных в ранее надработанном массиве и подвергающихся влиянию очистных работ собственного пласта, следует производить согласно пп. 5.17—5.20 на основании расчета смещений пород:

— при охране выработок в массиве впереди очистного забоя с погашением за ним по формуле:

$$U_{общ} = (U_0 + U_1 k_{кр}) k_s k_m k_{рн}; \qquad (95)$$

— при охране выработок, поддержиаемых позади забоя лавы на границе с выработанным пространством для повторного использования, по формуле:

$$U_{общ} = (U_0 + 2{,}4U_1 k_{кр} + U_1^{ост}) k_s k_m k_{рн}; \quad (96)$$

— при проведении выработок вприсечку к выработанному пространству по формуле:

$$U_{общ} = (U'_{пр} + 12V'_0 k_t + U'_1) k_{кр} k_m k_s k_{рн}; \quad (97)$$

— при оформлении выработок позади лавы в выработанном пространстве — по пунктам 6.27—6.28, где величина $U_{общ}$ умножается на $k_{рн}$.

7.16. Выбор типа и параметров крепи в полевых выработках, проведенных в ранее подработанном массиве, следует производить согласно пп. 5.17—5.20 по формуле:

$$U_{общ} = 0{,}4U_0 k_s k_m^n k_{рп}, \quad (98)$$

а для пластовых выработок, не подвергающихся влиянию очистных работ собственного пласта:

$$U_{общ} = U_0 k_s k_m k_m^n k_{рп}. \quad (99)$$

Пример выбора параметров крепи выработок, поддерживаемых в ранее надработанной или подработанной толще пород, приведен в приложении 8 (пример 3).

7.17. Выбор типа и параметров крепи пластовых выработок, проведенных в ранее подработанном массиве и подвергающихся влиянию очистных работ собственного пласта, следует производить согласно пп. 5.17—5.20 на основании расчета смещений пород:

— при охране выработок в массиве впереди очистного забоя, с погашением за забоем лавы, по формуле:

$$U_{общ} = (U_0 + U_1 k_{кр}) k_s k_m k_{рп}; \quad (100)$$

— при охране выработок, поддерживаемых позади забоя лавы на границе с выработанным пространством для повторного использования, по формуле:

$$U_{общ} = (U_0 + 2{,}4U_1 k_{кр} + U_1^{ост}) k_s k_m k_{рп}; \quad (101)$$

— при проведении выработок вприсечку к выработанному пространству по формуле:

$$U_{общ} = (U'_{пр} + 12V'_0 k_t + U'_1) k_{кр} k_s k_m k_{рп}; \quad (102)$$

— при оформлении выработок позади забоя лавы в выработанном пространстве — по пунктам 6.27—6.28, где величина $U_{общ}$ умножается на $k_{рп}$.

Пример выбора крепи пластовой выработки, эксплуатируемой в подработанном массиве, приведен в приложении 9 (выработки пласта I).

7.18. Выбор типа и параметров крепи выработок, располагаемых над (под) кромкой пласта или над (под) целиком угля размером до 60 м, следует производить по величинам общих смещений (см. вышеприведенные формулы), увеличенным соответственно в 1,5 и 2 раза.

Определение безопасных расстояний при надработке или подработке полевых и пластовых выработок

7.19. Определение глубины безопасной надработки или высоты безопасной подработки полевых или пластовых одиночных выработок следует производить, исходя из заданного типа и характеристики крепи выработки и условий равенства ожидаемых смещений пород в выработке предельной податливости выбранной крепи согласно п. 5.18.

Для определения безопасной глубины надработки полевых выработок при заданной незамкнутой крепи следует использовать равенство:

$$U_н + 12V_н\, k_t = \frac{\Delta}{k_s(0{,}7k_к + 0{,}3)} - 0{,}4U_0, \qquad (103)$$

а для пластовых выработок, находящихся вне влияния очистных работ собственного пласта, использовать равенство:

$$U_н + 12V_н\, k_t = \frac{\Delta}{k_s\, k_m(0{,}7k_к + 0{,}3)} - U_0, \qquad (104)$$

где $U_н$ — смещения пород (мм) в выработке в зоне влияния временного опорного давления надрабатывающей лавы, (см. рис. 64); $V_н$ — средние скорости смещения пород в выработках, находящихся в надработанном массиве, (см. рис. 65); Δ — предельная конструктивная податливость крепи (мм) в соответствии с пп. 5.18, 5.19; $k_к$ — коэффициент, характеризующий долю смещений пород кровли в общих смещениях пород в выработке (см. рис. 16).

При подстановке в эти равенства известных величин определяются значения правой части. Искомую безопасную глубину надработки следует принимать такой, при которой соответствующие ей величины $U_н$ и $V_н$ после их подстановки обеспечат равенство правой и левой частей выражений (103) и (104).

Пример расчета безопасной глубины надработки приведен в приложении 8 (пример 4).

7.20. Для определения безопасной высоты подработки полевых выработок при заданной крепи следует использовать равенство:

$$U_{пд} = \frac{1}{k_д k_m^n k_t^n}\left[\frac{\Delta}{k_s(0{,}7k_к + 0{,}3)} - 0{,}4U_0\right], \qquad (105)$$

а для пластовых выработок, находящихся вне влияния очистных работ собственного пласта, равенство:

$$U_{пд}= \frac{1}{k_л\ k_m^n\ k_t^n}\left[\frac{\Delta}{k_s k_m (0{,}7k_к+0{,}3)} - U_0\right]. \qquad (106)$$

При подстановке в правую часть этих равенств известных величин необходимо определить значение $U_{пд}$, по которому (см. рис. 64) устанавливают безопасную высоту подработки.

Пример расчета безопасной высоты подработки приведен в приложении 8 (пример 4).

Расчет абсолютных оседаний и максимальных наклонов подрабатываемых выработок

7.21. Охрана подрабатываемых выработок, нарушение профиля которых отрицательно отражается на условиях их дальнейшей эксплуатации (выработки с самотечным водоотливом, основные транспортные магистрали шахт), должна решаться с учетом абсолютных вертикальных оседаний и наклонов. Значение этих параметров следует использовать для составления мероприятий по обеспечению последующей нормальной эксплуатации подработанных выработок (исправление профиля, подсыпки и т. д.).

7.22. В области полных сдвижений максимальные абсолютные оседания подработанных выработок $\eta_{h_п}$ следует определять по формуле:

$$\eta_{h_п} = \frac{m[q_0 H+(1-q_0)(H-h_п)]}{H}, \qquad (107)$$

где q_0 — относительное сдвижение земной поверхности при полной подработке, принимаемое согласно действующим Правилам охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок в соответствующем угольном бассейне.

Область полных сдвижений следует ограничивать прямой, проведенной под соответствующим углом полных сдвижений ψ из точки, отстоящей от границы очистных работ на расстояние, равное шагу обрушения основной кровли $l_ш$.

7.23. Оседание пород в толще над кромкой очистных работ следует принимать равным 0,1m (рис. 67).

Значения оседаний пород в подработанной толще между границей полных сдвижений и плоскостью, проходящей через границу подрабатывающей лавы нормально к пласту, следует определять графически (см. рис. 67). На разрезе вкрест простирания у верхней и нижней границы подрабатывающей лавы графические построения для определения абсолютных оседаний подработанной толщи следует выполнять аналогичным образом.

7.24. Максимальные значения наклонов i_{max} в области наибольшего изгиба пород необходимо определять из выражения:

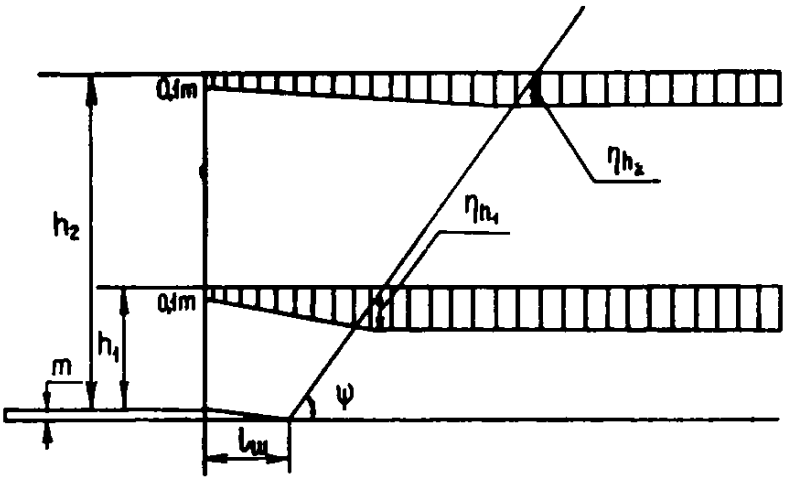


Рис. 67. Схема оседаний пород и выработок в подработанном массиве

$$i_{max} = \frac{2\eta_{h_n}}{l_ш + h_n \operatorname{ctg}\phi}. \qquad (108)$$

Согласно «Правилам безопасности...» (§ 230), уклон выработок при откатке локомотивами не должен превышать 0,005, а при использовании ленточных конвейеров — не ограничивается.

ПРИМЕРЫ ВЫБОРА СПОСОБОВ ОХРАНЫ, ТИПА И ПАРАМЕТРОВ КРЕПИ НАДРАБАТЫВАЕМЫХ И ПОДРАБАТЫВАЕМЫХ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ РАЗРАБОТКЕ СВИТЫ ПОЛОГИХ ПЛАСТОВ

Пример 1. Выбор типа и параметров крепи надрабатываемой выработки

Условия:

Выработка проведена по пласту мощностью 1,5 м на глубине 500 м. В кровле выработки залегает двухметровый слой алевролитов прочностью 500 кгс/см^2 и далее песчаники прочностью 800 кгс/см^2. В почве залегает полутораметровый слой аргиллитов прочностью 300 кгс/см^2 и шестиметровый слой алевролитов прочностью 600 кгс/см^2. Породы не обводнены.

Выработка проводится буровзрывным способом сечением в свету до осадки 13,2 м^2 и надрабатывается пластом, расположенным в 15 м выше ее.

До отработки вышележащего пласта выработка поддерживается в нетронутом массиве в течение 2 лет, а после надработки еще 5 лет.

Решение:

Для решения поставленной задачи определяется вначале расчетная прочность пород кровли, почвы и средняя по ним.

Согласно п. 4.7, при двух разнопрочных слоях пород в кровле, приведенная прочность на сжатие рассчитывается по формуле:

$$\bar{R}_c = R_{сл}\,\bar{f},$$

где $R_{сл}=500$ кгс/см^2 и f определяются по номограмме (см. рис. 3) в зависимости от $f=R_{пр}/R_{сл}=800/500=1{,}6$ и $m=m_{сл}/m=2/6=0{,}33$, при $m=1{,}5b$ (b=4 м — ширина выработки).

$$\bar{R}_c = 500 \cdot 1{,}4 = 700 \text{ кгс/см}^2,$$

где $f=1{,}4$ (см. рис. 3).

В почве выработки:

$$R_{сл}=300 \text{ кгс/см}^2,\ f=600/300=2,\ \bar{m}=1,5/4=0,37,$$

$$\bar{R}_c=300\cdot 1,4=420 \text{ кгс/см при } \bar{f}=1,4.$$

Средняя прочность пород кровли и почвы: $R_c^p=(700+420)/2=560$ кгс/см^2.

Выбор крепи производится после расчета общих смещений согласно п. 7.10 (формула (88):

$$U_{общ}=(U_0+U_н+12V_н k_t'')k_s k_m,$$

где $U_0=k_{пр}(U_{пр}+12V_0 k_t')$; $k_{пр}=1$ (п. 5.10); $U_{пр}=80$ мм и $V_0=3$ мм (см. рис. 15); $k_t=1,01$ (см. табл. 16); $k_s=1,15$ (см. табл. 17); $k_m=0,8$ (см. табл. 18); $U_н=140$ мм (см. рис. 64); $V_н=3,5$ мм (см. рис. 65); $k_t''=1,14$ (см. табл. 16).

$$U_{общ}=[(1\cdot(80+12\cdot 3\cdot 1,01)+(140+12\cdot 3,5\cdot 1,14)]\cdot 1,15\cdot 0,8=$$
$$=280 \text{ мм}.$$

Согласно п. 5.11 определяются смещения кровли и почвы отдельно:

$$U_{кр}=U_{общ}\,k_к=280\cdot 0,35=100 \text{ мм},$$

где $k_к=0,35$ (см. рис. 16).

$$U_п=U_{общ}-U_{кр}=280-100=180 \text{ мм}.$$

Согласно п. 5.18 необходимая податливость крепи составит:

$$\Delta=U_{кр}+\Delta U_п,$$

где $\Delta U_п=50$ мм (см. табл. 21).

$$\Delta=100+50=150 \text{ мм}.$$

В этих условиях, согласно п. 5.19, безремонтное поддержание рассматриваемой выработки обеспечит трехзвенная металлическая арочная крепь с плотностью 1 рама на 1 м.

Пример 2. Выбор типа и параметров крепи подрабатываемой полевой выработки

Условия:

Глубина расположения выработки 800 м. Выработка проведена в мощном однородном слое алевролита прочностью 400 кгс/см^2. Породы не обводнены.

Выработка проведена буровзрывным способом сечением в свету до осадки 9,6 м^2 и подрабатывается пластом мощностью 2 м, залегающим ниже выработки в 40 м по нормали.

До отработки нижележащего пласта в течение 3 лет выработка поддерживается в нетронутом массиве, а после подработки еще 5 лет. Породы от пласта до выработки представлены толщей, в которой удельный вес песчаника составляет 60%. Шаг обрушения основной кровли пласта 40 м.

Решение:

Для обеспечения наилучших условий поддержания подрабатываемой выработки кромки намечаемого выработанного пространства должны располагаться на расстоянии $l_п$ (см. п. 7.6):

$$l_п = l_ш + 0{,}2h_п = 40 + 0{,}2 \cdot 40 = 48 \text{ м.}$$

В этом случае выработка после подработки попадает в зону полной подработки. Выбор ее крепи производится после расчета общих смещений согласно п. 7.12 и формулы (90):

$$U_{общ} = 0{,}4[k_{пр}(U_{пр} + 12V_0 k_t) + U_{пд} k_л k_t^n k_m^n] k_s,$$

где $k_{пр} = 1$ (п. 5.10); $U_{пр} = 300$ мм и $V_0 = 12$ мм/мес (при $H = 800$ м и $R_c^p = 400$ кгс/см^2 (см. рис. 15); $k_t = 1{,}1$ (см. табл. 16); $U_{пд} = 670$ мм (см. рис. 66); $k_л = 0{,}9$ (см. табл. 57); $k_t^n = 1{,}2$ (см. п. 7.12); $k_m^n = 1$ (см. табл. 18); $k_s = 1$ (см. табл. 17).

$$U_{общ} = 0{,}4[1 \cdot (300 + 12 \cdot 12 \cdot 1{,}1) +$$

$$+ 670 \cdot 0{,}9 \cdot 1{,}2 \cdot 1] \cdot 1 = 590 \text{ мм.}$$

Определяются смещения кровли и почвы отдельно:

$$U_{кр} = U_{общ} k = 590 \cdot 0{,}5 = 295 \text{ мм,}$$

где $k_к = 0{,}5$ (см. рис. 16)

$$U_п = U_{общ} - U_{кр} = 590 - 295 = 295 \text{ мм.}$$

Согласно п. 5.18, необходимая податливость крепи составит:

$$\Delta = U_{кр} + \Delta U_п = 295 + 80 = 375 \text{ мм,}$$

где $\Delta U_п = 80$ мм при $U_п = 295$ мм (см. табл. 21).

Безремонтное поддержание выработки в этих условиях будет обеспечено применением пятизвенной арочной металлической крепи плотностью 1 рама на 1 м (п. 5.19) или трехзвенной арочной крепи плотностью 1,3 рамы на 1 м (см. п. 5.20).

Пример 3. Выбор типа и параметров крепи выработки, проведенной в полностью надработанном или подработанном массиве

1. Условия:

Глубина расположения полевой выработки 500 м. Расчетная прочность вмещающих пород $R_c^p = 400$ кгс/см^2. Породы не обводнены. Выработка проводится буровзрывным способом сечением в свету до осадки 9,6 м^2 на расстоянии 20 м под вынутым пластом и поддерживается в течение 5 лет.

Решение:

Выбор крепи производится после расчета общих смещений согласно п. 7.14 по формуле (93):

$$U_{общ} = 0{,}4 U_0 k_s k_{рн},$$

где $U_0 = k_{пр}(U_{пр} + 12 V_0 k_t)$; $k_{пр} = 1$ (п. 5.10); $U_{пр} = 140$ мм и $V_0 = 7$ мм/мес (см. рис. 15); $k_t = 1{,}2$ (см. табл. 16); $k_s = 1$ (см. табл. 17); $k_{рн} = 0{,}65$ (см. табл. 57).

$$U_{общ} = 0{,}4 \cdot 1 \cdot (140 + 12 \cdot 7 \cdot 1{,}2) \cdot 1 \cdot 0{,}65 = 62 \text{ мм}.$$

Определяются смещения кровли и почвы отдельно:

$$U_{кр} = U_{общ} k_к; \; U_п = U_{общ}(1 - k_к); \; k_к = 0{,}48 \text{ (см. рис. 16)}.$$

$$U_{кр} = 62 \cdot 0{,}48 = 30 \text{ мм}; \; U_п = 62 \cdot (1 - 0{,}48) = 32 \text{ мм}.$$

Согласно п. 5.18, необходимая податливость крепи составит:

$$\Delta = U_{кр} + \Delta U_п,$$

где $\Delta U_п = 20$ мм (см. табл. 21).

$$\Delta = 30 + 20 = 50 \text{ мм}.$$

Для этих условий (см. п. 4.23) достаточно выработку закрепить штанговой крепью по действующим «Типовым проектам...».

2. Условия:

Глубина расположения пластовой выработки 500 м. Расчетная прочность пород кровли и почвы 800 кгс/см^2. Выработка проводится буровзрывным способом сечением в свету 9,6 м^2 по пласту 2 м в полностью подработанном массиве на расстоянии 60 м от подработанного пласта мощностью 3 м и поддерживается в течение 5 лет. В междупластье залегает 60% песчаников.

Решение:

Выбор крепи производится после расчета общих смещений согласно п. 7.16 по формуле (99):

$$U_{общ} = U_0 k_s k_m k''_m k_{рп},$$

где $U_0 = k_{пр}(U_{пр} + 12V_0 k_t)$; $k_{пр} = 1$ (п. 5.10), $U_{пр} = 280$ мм и $V_0 = 10$ мм/мес (см. рис. 15); $k''_t = 1{,}2$ (см. п. 7.12); $k_s = 1$ (см. табл. 17); $k_m = 1$; $k''_m = 1{,}2$ (см. табл. 18); $k_{рп} = 0{,}64$ (см. табл. 58).

$$U_{общ} = 1 \cdot (230 + 12 \cdot 10 \cdot 1{,}2) 1 \cdot 1 \cdot 0{,}64 \cdot 1{,}2 = 290 \text{ мм}.$$

Определяются смещения кровли и почвы отдельно:

$$U_{кр} = U_{общ} k_к; \quad U_п = U_{общ}(1 - k_к),$$

где $k_к = 0{,}50$ (см. рис. 16).

$$U_{кр} = 290 \cdot 0{,}50 = 145 \text{ мм}, \quad U_п = 290 \cdot (1 - 0{,}50) = 145 \text{ мм}.$$

Согласно п. 5.18 необходимая податливость крепи составляет:

$$\Delta = U_{кр} + \Delta U_п,$$

где $U_п = 50$ мм (по табл. 21 при $U_п = 150$ мм).

$$\Delta = 145 + 50 = 195 \text{ мм}.$$

Согласно п. 5.19 для этих условий следует принимать арочную трехзвенную крепь. В соответствии с «Унифицированными типовыми сечениями горных выработок» (т. I, Киев, 1971) плотность установки принимается равной 1 раме на 1 м.

Пример 4. Определение безопасных расстояний при надработке или подработке полевых выработок

1. Условия:

Глубина расположения выработки 500 м. Расчетная прочность пород почвы и кровли 400 кгс/см^2. Выработка проведена буровзрывным способом сечением в свету 9,6 м^2 за 2 года до влияния надработки и закреплена трехзвенной крепью плотностью 1 рама на 1 м. Выработка после надработки будет эксплуатироваться еще 5 лет.

Решение:

Согласно п. 7.19 в правую часть формулы (103)

$$U_н + 12V_н k''_t = \frac{\Delta}{k_s(0{,}7k_к + 0{,}3)} - 0{,}4U_0,$$

где $U_0 = k_{пр}(U_{пр} + 12V_0 k_t)$ подставляются из условия данные: $\Delta = 300$ мм (табл. 60); $k_s = 1$ (см. табл. 17); $k_к = 0{,}50$ (см. рис. 16); $R_c^p = 400$ кгс/см^2; $k_{пр} = 1$ (п. 5.10); $U_{пр} = 140$ мм; $V_0 = 7$ мм/мес (см. рис. 15); $k_t = 1{,}05$ и $k_t^н = 1{,}2$ (см. табл. 16).

$$U_н + 12V_н \cdot 1{,}2 = \frac{300}{1 \cdot (0{,}7 \cdot 0{,}50 + 0{,}3)} - 0{,}4 \cdot 1 \cdot (140 + 12 \cdot 7 \cdot 1{,}05) = 380 \text{ мм}.$$

Дальнейшее решение осуществляется последовательной подстановкой значений $U_н$ и $V_н$ (см. рис. 64 и 65) при $H = 500$ и $R_c^p = 400$ кгс/см^2. Приняв вначале $h_н = 15$ м, (см. рис. 64), $U_н = 230$ мм, $V_н = 6$ мм/мес (см. рис. 65), получим $U_н + 12V_н \cdot 1{,}2 = 316$, что меньше 380 мм. Приняв $h_н = 10$ м, имеем $U_н = 300$ мм и $V_н = 7$ мм/мес, тогда $U_н + 12 \cdot V_н \ 1{,}2 = 400 > 380$.

Таким образом, безопасная глубина надработки находится между 15 и 10 м. Окончательно интерполируя, можно принять 12 м.

2. Условия:

Определить при тех же условиях безопасную высоту полной подработки, если дополнительно известно, что в междупластье песчаники составляют 60%, подрабатывающий пласт мощностью 1,5 м, а время поддержания в подработанной толще 3 года.

Решение:

Согласно п. 7.20 в управлении (105):

$$U_{пд} = \frac{1}{k_л k_m^n k_t^n}\left(\frac{\Delta}{k_s(0{,}7k_к + 0{,}3)} - 0{,}4U_0\right)$$

где $U_0 = k_{пр}(U_{пр} + 12V_0 k_t)$, подставляются известные из условий данные: $k_л = 0{,}8$ (см. табл. 58); $k_m^n = 0{,}8$ (см. табл. 18); $k_к = 0{,}50$ (см. рис. 16); $k_t^n = 1{,}10$ (см. п. 7.12); $k_s = 1$ (см. табл. 17); $k_{пр} = 1$ (пп. 5.10); $U_{пр} = 140$ мм и $V_0 = 7$ мм/мес. (см. рис. 15); $k_t = 1{,}05$ (см. табл. 16).

$$U_{пд} = \frac{1}{0{,}8 \cdot 0{,}8 \cdot 1{,}1}\left[\frac{300}{1\ (0{,}7 \cdot 0{,}50 + 0{,}3)} - 0{,}4\ (140 + 12 \cdot 7 \cdot 1{,}05)\right] = 540 \text{ мм}.$$

По рис. 66 при $H = 500$ м, $R_c^p = 400$ кгс/см^2 и $U_{пд} = 540$ мм определяется безопасная высота подработки для рассматриваемой выработки, равная $h_{п.б} = 90$ м.

Приложение 9

ПОЯСНЕНИЯ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ПРИМЕНЕНИЮ РЕКОМЕНДАЦИЙ ГЛАВЫ 7

П. 9.1. При разработке свиты пологих и наклонных пластов выбор места заложения подготовительных выработок должен основываться на положениях, изложенных в пп. 7.7—7.9.

П. 9.2. Выбор типа и параметров крепи подготовительных выработок, подлежащих надработке или подработке или проводимых в разгруженном массиве, следует производить на основании пп. 5.17—520 по смещениям пород, рассчитываемым с учетом влияния очистных работ собственного и надрабатывающего (подрабатывающего) пласта при заданном порядке отработки пластов в свите и принятых способах охраны выработок.

П. 9.3. При разработке свиты пологих и наклонных пластов в нисходящем порядке при раздельной или групповой их подготовке следует учитывать возможность надработки, подработки подготовительных выработок и их проведения в надработанном массиве.

Примерные схемы взаимного расположения очистных и подготовительных выработок при выемке свиты пластов в нисходящем порядке приведены на рис. 68.

Выбор типа и параметров крепи выработок, попадающих при разработке пластов в нисходящем порядке в зоны влияния надработки, подработки или в разгруженную область, следует производить согласно положениям пп. 5.17—5.20 по смещениям пород, определяемым по формулам табл. 59 при последовательном порядке и табл. 60 при одновременном порядке выемки пластов.

Один из вариантов выбора типа и параметров крепи при нисходящем порядке отработки приведен в примере прил. 9 (выработки пласта II и III).

П. 9.4. При разработке свиты пологих и наклонных пластов в восходящем порядке при раздельной или групповой их подготовке следует учитывать возможность подработки или надработки подготовительных выработок и их проведения в подработанном или надработанном массиве.

Примерные схемы взаимного расположения очистных и подготовительных выработок при выемке свиты пластов в восходящем порядке приведены на рис. 69.

Выбор типа и параметров крепи выработок, попадающих при разработке пластов в восходящем порядке в зоны влияния подра-

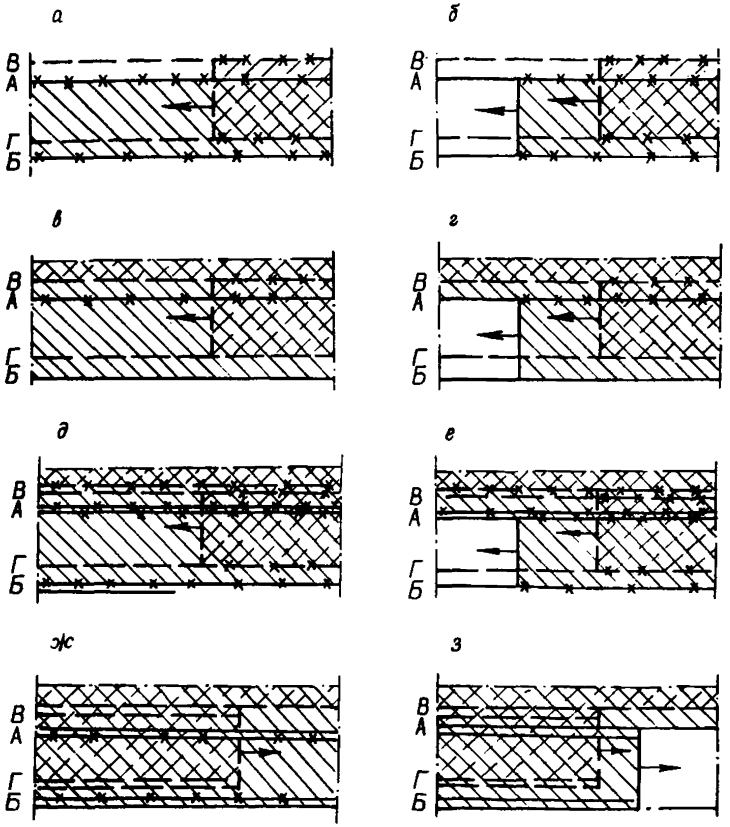


Рис. 68. Схемы взаимного расположения очистных и подготовительных выработок при выемке свиты пластов в нисходящем порядке

ботки, надработки или в разгруженные области, следует производить согласно положениям пп. 5.17—5.20 по смещениям пород, определяемым по формулам табл. 61 при последовательном порядке и табл. 62 — при одновременном порядке выемки пластов.

Один из вариантов выбора типа и параметров крепи выработок при восходящем порядке отработки пластов приведен в примере прил. 9.

П. 9.5. При разработке свиты пологих и наклонных пластов в смешанном порядке при раздельной или групповой их подготовке следует учитывать возможность многократной подработки и надработки подготовительных выработок и их проведения в неоднократно подработанном или надработанном массиве.

Выбор типа и параметров крепи выработок, попадающих при разработке пластов в смешанном порядке в зоны влияния подработки, надработки или в разгруженные области, следует произво-

Таблица 59

Наименование выработок и характеристика поддержания	Рисунок, индекс выработки	Ссылка на соответствующий пункт «Указаний...»	№№ формул	Условия поддержания выработок
Откаточные штреки, поддерживаемые в массиве и погашаемые позади забоя лавы собственного пласта	68,а (Б) 68,д (Б)	6.12	39	Поддерживаются как в одиночном пласте
	68,а (Г) 68,д (Г)	7.15	95	Проводятся в надработанном массиве
Вентиляционные штреки, поддерживаемые в массиве и погашаемые позади забоя лавы собственного пласта	68,а (А)	6.12	39	Поддерживают как в одиночном пласте при отработке первого яруса или этажа
	68,а (В)	6.12	39	
Откаточные штреки, сохраняемые за лавой для повторного использования в качестве вентиляционных	68,в (Б), переходящая в (А)	6.23	46 47	Поддерживаются как в одиночном пласте
	68,в (Г), переходящая в (В)	7.15	96	Проводятся и поддерживаются в надработанном массиве
Вентиляционные штреки, проведенные вприсечку к выработанному пространству и погашаемые позади забоя лавы собственного пласта	68,д (А)	6.26	51 52	Поддерживаются как в одиночном пласте
	68,д (В)	7.15	97	Проводятся и поддерживаются в надработанном массиве
Откаточные и вентиляционные штреки, оформляемые и поддерживаемые позади забоя лавы в выработанном пространстве	68,ж (А,Б)	6.27 6.28	53 54	Поддерживаются как в одиночном пласте
	68,ж (В,Г)	7.15	–	Проводятся и поддерживаются в надработанном массиве

Примечание: В табл. 59–62 А, Б – выработки верхнего пласта, В, Г – нижнего.

Таблица 60

Наименование выработок и характеристика поддержания	Рисунок, индекс выработки	Ссылка на соответствующий пункт «Указаний...»	№№ формул	Условия поддержания выработок
Откаточные штреки, поддерживаемые в массиве и погашаемые позади забоя лавы собственного пласта	68,б (Б) 68,е (Б)	6.12	39	Поддерживаются как в одиночном пласте
	68,б (Г) 68,е (Г)	7.11	89	Попадают в зону надработки
Вентиляционные штреки, поддерживаемые в массиве и погашаемые позади забоя лавы собственного пласта	68,б (А)	6.12	39	Поддерживаются как в одиночном пласте при отработке первого яруса или этажа
	68,б (В)	6.12	39	
Откаточные штреки, сохраняемые за лавой для повторного использования в качестве вентиляционных	68,г (Б), переходящая в (А)	6.23	46 47	Поддерживаются как в одиночном пласте
	68,г (Г), переходящая в (В)	7.11	89	Попадают в зону надработки
Вентиляционные штреки, проведенные вприсечку к выработанному пространству и погашаемые позади забоя лавы собственного пласта	68,е (А)	6.26	52	Поддерживаются как в одиночном пласте
	68,е (В)	7.15	97	Проводятся и поддерживаются в надработанном массиве
Откаточные штреки, оформляемые и поддерживаемые позади забоя лавы в выработанном пространстве	68,з (Б)	6.27 и 6.28	53 54	Поддерживаются как в одиночном пласте
	68,з (Г)	7.15	–	Проводятся и поддерживаются в надработанном массиве
Вентиляционные штреки, оформляемые и поддерживаемые позади забоя лавы в выработанном пространстве	68,з (А)	6.28 $U_{об.щ}$ увеличивается на величину $U_{пд} k_л k_m^n k_t^n$	–	Попадают в зону надработки
	68,з (В)	7.15	–	Проводятся в надработанном массиве

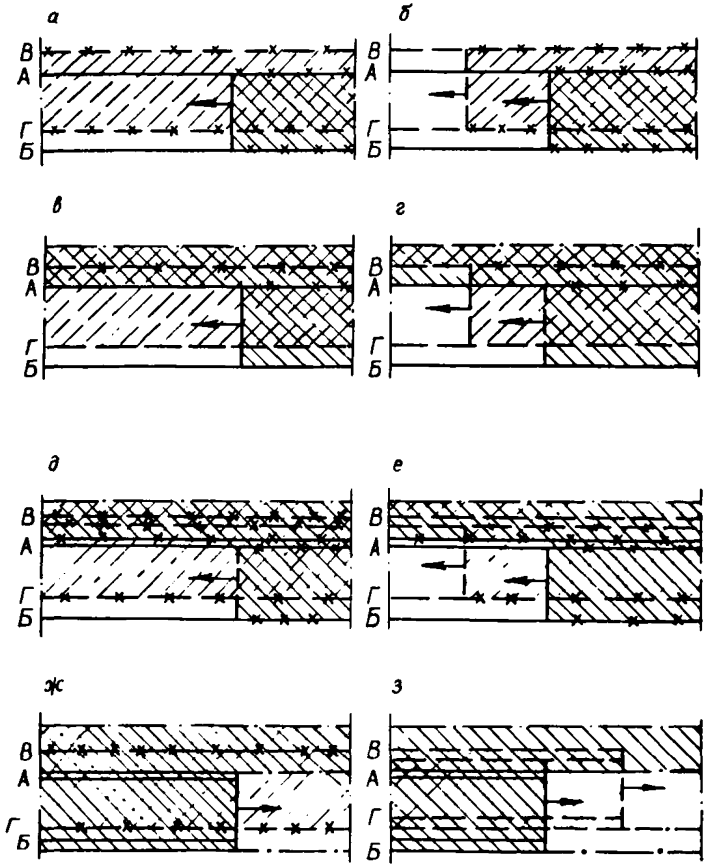


Рис. 69. Схемы взаимного расположения очистных и подготовительных выработок при выемке свиты пластов в восходящем порядке

дить согласно положениям пп. 5.17—5.20 по смещениям пород, определяемым с учетом следующих соображений:

— при отработке первых двух пластов выбор крепи выработок производится согласно п. 3 приложения 9 (при нисходящем порядке) или п. 4 (при восходящем порядке их отработки);

— при выборе крепи выработок третьего и последующих пластов следует учитывать влияние двойной или многократной надработки или подработки. Смещения пород в выработках, на основании которых производится выбор крепи, следует принимать равными сумме смещений последовательно от каждой надработки или подработки с учетом разгрузки массива от предыдущей надработки или подработки;

Таблица 61

Наименование выработок и характеристика поддержания	Рисунок, индекс выработки	Ссылка на соответствующий пункт «Указаний...»	№№ формул	Условия поддержания выработок
Откаточные штреки, поддерживаемые в массиве и погашаемые позади забоя лавы собственного пласта	69,а (Б) 69,д (Б)	6.12	39	Поддерживаются как в одиночном пласте
	69,а (Г) 69,д (Г)	6.12	39	
Вентиляционные штреки, поддерживаемые в массиве и погашаемые позади забоя лавы собственного пласта	69,а (А)	7.17	100	Проводятся и поддерживаются в подработанном массиве
Вентиляционые штреки, поддерживаемые в массиве и погашаемые позади забоя лавы собственного пласта	69,а (В)	6.12	39	Как в одиночном пласте при отработке первого яруса или этажа
Откаточные штреки, сохраняемые за лавой для повторного использования в качестве вентиляционных	69,в (Б), переходящая в (А)	7.13	92	Попадают в зону подработки
	69,в (Г), переходящая в (Г)	7.11	89	Попадают в зону надработки
Вентиляционные штреки, проведенные вприсечку к выработанному пространству и погашаемые позади забоя лавы собственного пласта	69,д (А)	7.17	102	Проводятся в подработанном массиве
	69,д (В)	7.15	97	Проводятся в надработанном массиве
Откаточные штреки, оформляемые и поддерживаемые позади забоя лавы в выработанном пространстве	69,ж (Б)	6.28	53 54	Поддерживаются как в одиночном пласте
	69,ж (Г)	6.28	53 54	Поддерживаются как в одиночном пласте

Продолжение табл. 61

Наименование выработок и характеристика поддержания	Рисунок, индекс выработки	Ссылка на соответствующий пункт «Указаний...»	№№ формул	Условия поддержания выработок
Вентиляционные штреки, оформляемые и поддерживаемые позади забоя лавы в выработанном пространстве	69,ж (А)	7.17	–	Проводятся в подработанном массиве
	69,ж (В)	7.15	–	Проводятся в надработанном массиве

Таблица 62

Наименование выработок и характеристика поддержания	Рисунок, индекс выработки	Ссылка на соответствующий пункт «Указаний...»	№№ формул	Условия поддержания выработок
Откаточные штреки, поддерживаемые в массиве и погашаемые позади забоя лавы собственного пласта	69,б (Б) 69,е (Б)	6.12	39	Поддерживаются как в одиночном пласте
	69,б (Г) 69,е (Г)	6.12	39	Поддерживаются как в одиночном пласте
Вентиляционные штреки, поддерживаемые в массиве и погашаемые позади забоя лавы собственного пласта	69,б (А)	7.13	92	Попадают в зону подработки
	69,б (В)	6.12	39	Как в одиночном пласте при отработке первого яруса или этажа
Откаточные штреки, сохраняемые за лавой для повторного использования в качестве вентиляционных	69,г (Б), переходящая в (А)	7.13	92	Попадают в зону подработки
	69,г (Г), переходящая в (В)	7.11	89	Попадают в зону надработки
Вентиляционные штреки, проведенные вприсечку к выработанному пространству и погашаемые позади забоя лавы собственного пласта	69,е (А)	6.28 $U_{об щ}$ увеличивается на величину $U_n g k_л k_m^n k_t^n$	–	Попадают в зону подработки
	69,е (В)	7.15	97	Проводятся в надработанном массиве

Продолжение табл. 62

Наименование выработок и характеристика поддержания	Рисунок, индекс выработки	Ссылка на соответствующий пункт «Указаний...»	№№ формул	Условия поддержания выработок
Откаточные штреки, оформляемые и поддерживаемые позади забоя лавы в выработанном пространстве	69,з (Б)	6.28	53 54	Поддерживаются как в одиночном пласте
	69,з (Г)	6.28 $U_{об щ}$ в формуле (54) суммируется с величиной $U_н$	–	Попадают в зону надработки
Вентиляционные штреки, оформляемые и поддерживаемые позади забоя лавы в выработанном пространстве	69,з (А)	7.17	–	Проводятся в подработанном массиве
	69,з (В)	7.15	–	Проводятся в надработанном массиве

— при выборе крепи выработок, проведенных в неоднократно подработанном массиве, расчет смещений производится с учетом только разгрузки массива ближайшим к выработке пластом.

Пример. Выбор мест расположения, способов охраны, типа и параметров крепи подготовительных выработок при разработке свиты из трех пластов

Условия:

Расстояния между пластами по нормали $h_1=80$ м, $h_2=10$ м (рис. 70). Мощности пластов $m_1=1{,}5$ м, $m_2=1{,}2$ м, $m_3=0{,}8$ м, угол падения 20°. Верхний пласт опасен по газодинамическим проявлениям. Глубина горных работ по среднему пласту 400—500 м. Прочность и мощность вмещающих пласты пород представлены в табл. 63.

Кровля пластов — среднеобрушаемая, шаг обрушения основной кровли — 20 м. Выработки проводятся буровзрывным способом, сечением в свету после осадки $S=9{,}6$ м^2.

Срок отработки одного этажа в панели каждого из пластов в среднем составляет 2 года.

Принятая система разработки — столбовая, способ управления кровлей — полное обрушение.

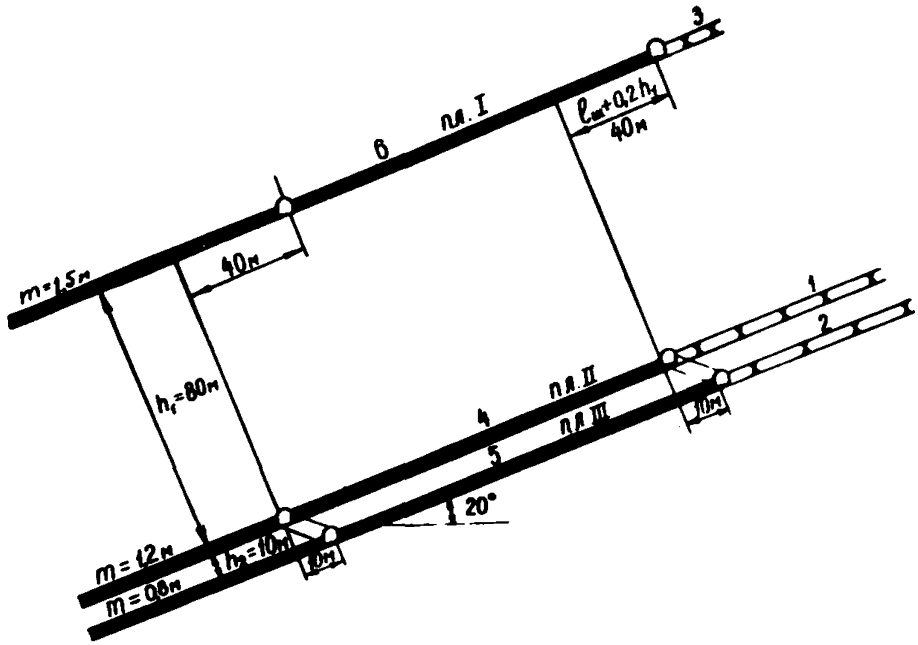


Рис. 70. Схема расположения выработок и очередность (1, 2, ..., 6) отработки пластов (к примеру прил. 9)

Таблица 63

Пласт*	Прочность Rc кгс/см^2 и мощность m, м слоев пород									
	кровли						почвы			
	I слой		II слой		III слой		I слой		II слой	
	Rc	m	Rc	m	Rc	m	Rc	m	Rc	m
I	500	1,5	200	1,0	300	6	800	6	1000	2
II	300	3,0	500	5	600	4	300	1	600	7
III	600	2,0	400	2	500	6	1000	4	500	2

* В междупластье пластов I и II залегает 80% песчаников, а в междупластье II и III – 20%.

Решение:

1. Для создания разгрузки и предотвращения газодинамических проявлений на верхнем пласте в соответствии с «Инструкцией по безопасному ведению горных работ на пластах, склонных к внезапным выбросам угля, породы и газа», в рассматриваемом случае принимается первоочередная отработка нижних пластов.

2. С целью концентрации горных работ отработка пластов II и III производится одновременно с проведением групповых выработок по нижнему пласту, боковые породы которого являются

более устойчивыми. Пласт I отрабатывается в последнюю очередь, т. е. последовательно и раздельно от пластов II и III. Выработки пласта III, согласно п. 7.7, располагаются в сторону выработанного пространства от проекции штреков по пласту II на удалении. $l_н = h_2 = 10$ м. Средняя, принимаемая в расчетах, глубина расположения выработок по пластам II и III составляет 450 м.

3. Выработки пласта I, согласно п. 7.7, должны располагаться на расстоянии $l_п = l_m + 0{,}2h = 20 + 0{,}2\ 80 = 36$ м (принимается 40 м) по восстанию от проекции выработок пласта II на пласт I. Средняя глубина расположения выработок по верхнему пласту составляет 350 м, что принимается в последующих расчетах.

4. Для решения поставленной задачи определяется вначале расчетная прочность пород кровли, почвы и средняя по ним. В кровле выработки по п. 4.6 рассматриваются породы на высоту, равную 1,5 ширины выработки, т. е. при $b = 4$ м на 6 м, в почве — на глубину ширины выработки, т. е. 4 м.

С учетом высоты выработки 3,2 м, проведенной по пласту I с верхней подрывкой, к расчету в кровле согласно исходным данным следует принять 1 м пород прочностью 200 кгс/см^2 и 5 м пород прочностью 300 кгс/см^2.

В связи с разнопрочностью слоев в кровле пласта I расчет производится по приведенной прочности на сжатие согласно п. 4.7:

$$\bar{R}_c = 200 \cdot 1{,}40 = 280 \quad \text{кгс/см}^2,$$

где $R_{сл} = 200$ кгс/см^2; $\bar{f} = 1{,}4$, определяется по номограмме (см. рис. 3)
при

$$f = \frac{R_{пр}}{R_{сл}} = \frac{300}{200} = 1{,}5; \quad \bar{m} = \frac{m_{сл}}{m} = \frac{1{,}0}{6{,}0} = 0{,}17.$$

Таким образом приведенная прочность кровли составляет:

$$R^{р}_{с.кр} = 280 \quad \text{кгс/см}^2.$$

В почве залегает мощный однородный слой породы прочностью 800 кгс/см^2, поэтому, согласно п. 4.7, $R^{р}_{с.п} = 800$ кгс/см^2.

Средняя расчетная величина прочности пород составляет согласно п. 5.6:

$$R^{р}_{с} = \frac{280 + 800}{2} = 540 \text{ кгс/см}^2.$$

Для выработок по пласту II, проведенных также с верхней подрывкой, к расчету в кровле принимается $3 - (3{,}2 - 1{,}2) = 1$ м пород прочностью 300 кгс/см^2 и 5 м пород прочностью 500 кгс/см^2, в почве 1 м прочностью 300 кгс/см^2 и 3 м прочностью 600 кгс/см^2.

Согласно пункту 4.7 приведенная прочность пород кровли выработок пласта II: $\bar{R}_{с.кр}=300\cdot 1,5=450$ кгс/см^2,

при $f=\frac{500}{300}=1,7$, $\bar{m}=\frac{1,0}{6,0}=0,17$.

Прочность пород почвы:

$$\bar{R}_{с.п}=300\cdot 1,6=480 \text{ кгс/см}^2$$

при $f=\frac{600}{300}=2$; $\bar{m}=\frac{1}{4}=0,25$.

Средняя расчетная величина прочности пород, вмещающих выработки пласта II, равна:

$$R_c^p=\frac{450+480}{2}=465 \text{ кгс/см}^2.$$

Для выработок по пласту III мощностью 0,8 м к расчету в кровле принимается 1,6 м пород прочностью 400 кгс/см^2 и 4,4 м прочностью 500 кгс/см^2 в почве — 4 м прочностью 1000 кгс/см^2.

Согласно п. 4.7, если породы отличаются не более чем на 20%, расчет производится по минимальному значению, т. е. $R_{с.кр}=$ $=400$ кгс/см^2. Расчетная прочность пород почвы составляет 1000 кгс/см^2.

Средняя расчетная прочность вмещающих выработки пласта III пород:

$$R_c^p=\frac{400+1000}{2}=700 \text{ кгс/см}^2.$$

5. Для выбора способов охраны выемочных штреков, согласно п. 6.7, рассчитывается отношение $(k_д \gamma H)/R_{сп}$ для почвы каждого пласта при $k_д=2,5$:

пл. I $\quad\frac{2,5\cdot 2,5\cdot 350}{8000}=0,27$;

пл. II $\quad\frac{2,5\cdot 2,5\cdot 450}{4800}=0,59$;

пл. III $\quad\frac{2,5\cdot 2,5\cdot 460}{10\,000}=0,29$.

Согласно п. 5.7 породы почвы пластов I и III относятся к непучащим, пласта II — к пучащим.

Для выемочных штреков пл. I и III, согласно пункту 6.9, определяется способ охраны выработок — поддержание позади забоя лавы для повторного использования с помощью искусственных ограждений. В качестве последних в соответствии с п. 6.15 в конкретном случае принимается деревянная органная крепь.

Согласно п. 6.18 плотность крепи устанавливается по формуле:

$$П = \frac{1{,}5P}{P_{орг}} = \frac{1{,}5 \cdot 180}{25} = 10,$$

где $P = 180$ тс/м (табл. 23); $P_{орг} = 25$ тс (п. 6.18).

Для размещения 10 стоек на 1 м выработки потребуется устанавливать двойной органный ряд.

Учитывая наличие в почве пласта II пучащих пород, в соответствии с п. 6.10, в качестве способа охраны выемочных штреков рассматриваемого пласта принимается проведение их вприсечку к выработанному пространству, т. е. откаточный (конвейерный) штрек охраняется в массиве впереди очистного забоя и погашается за лавой, вентиляционный штрек проводится вприсечку к выработанному пространству.

6. Выбор крепи и ее плотности выполняется на основании расчета общих смещений пород в выработках.

Выработки пласта I. отрабатываемого в последнюю очередь, проводятся в подработанном массиве и подвергаются влиянию очистных работ собственного пласта. Учитывая способ охраны выработок пласта I, поддерживаемых позади забоя лавы для повторного использования, согласно п. 7.17:

$$U_{общ} = (U_0 + 2{,}4U_1 k_{кр} + U_1^{ост}) k_s k_m k_{рп},$$

где $U_0 = k_{пр}(U_{пр} + 12V_0 k_t)$ (по формуле 42); $k_{пр} = 1$ (п. 5.10); $U_{пр} = 33$ мм, $V_0 = 2$ мм/мес. (см. рис. 15 при $H = 350$ м и $R_c^p = 540$ кгс/см^2); $k_t = 1{,}01$ (по табл. 16 при $t = 2$ года); $U_0 = 1 \cdot (33 + 12 \cdot 2 \cdot 1{,}01) \cdot 1 \cdot 0{,}8 \approx 50$ мм; $U_1 = 200$ мм (см. рис. 26); $U_1^{ост} = (U_{табл}^{ост} + 12V_1^{ост} k_t) k_{кр}$; [п. 6.23 формула (48)], где $U_{табл}^{ост} = 60$ мм (рис. 27); $V_1^{ост} = 6$ мм (см. рис. 29); $k_{кр} = 1$ (табл. 26); $k_s = 1$ (см. табл. 17); $k_m = 0{,}8$ (при $m = 1{,}5$ м по табл. 18); $k_{рп} = 0{,}72$ (см. табл. 58); $U_1^{ост} = (60 + 12 \cdot 6 \cdot 1{,}01) \cdot 1 = 133$ мм.

$$U_{общ} = (50 + 2{,}4 \cdot 200 \cdot 1 + 133) \cdot 1 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}72 = 380 \text{ мм}.$$

Согласно п. 5.11 и рис. 16, рассчитываются отдельно смещения пород кровли и почвы:

$$U_{кр} = U_{общ} k = 380 \cdot 0{,}85 = 320 \text{ мм};$$

$$U_п = U_{общ}(1 - k_к) = 380(1 - 0{,}85) = 60 \text{ мм}.$$

В соответствии с п. 5.18 необходимая податливость крепи составит:

$$\Delta = U_{кр} + \Delta U_п = 320 + 20 = 340 \text{ мм},$$

где $\Delta U_п$ — определяется из табл. 21.

Для рассматриваемых условий, согласно п. 5.19, принимается арочная пятизвенная крепь с длиной ножки 600 мм. В соответствии с требованиями «Унифицированных типовых сечений горных выработок» (Киев, 1971, т. I) плотность установки этой крепи в выработках пл. I принимается 1 рама на 1 м.

Выработки пласта II. Группирование производится на штрек пл. III. Транспортировка угля из забоя пл. II выполняется на передние квершлаги. Откаточный штрек поддерживается на протяжении 200—300 м впереди очистного забоя и погашается за ним. Срок службы штрека составит 4—6 мес.

Вентиляционный штрек проходится вприсечку к выработанному пространству и погашается позади очистного забоя. Срок службы штрека составит 2—3 года.

Откаточный штрек пл. II. Смещение пород за срок службы откаточного штрека составит (п. 6.12):

$$U_{общ}=(U_0+U_1)k_s k_m,$$

где $U_0=k_{пр}\ (U_{пр}+12V_0 k_t)$; $k_{пр}=1$ (п. 5.10); $U_{пр}=100$ мм, $V_0=4$ мм/мес. (см. рис. 15); $k_t=1$ (табл. 16 при $t=1$ год); $k_s=1$ (см. табл. 17); $k_m=0{,}8$ (табл. 18); $U_1=350$ мм (см. рис. 26); $U_0=1\ (100+12\cdot 4\cdot 1)=148$ мм.

$$U_{общ}=(148+350)\ 0{,}8=400\ \text{мм}.$$

Раздельные смещения кровли и почвы (п. 5.11 и рис. 16):

$$U_{кр}=U_{общ}\cdot k_к=400\cdot 0{,}52=210\ \text{мм},$$

$$U_п=U_{общ}(1-k_к)=190\ \text{мм}.$$

Необходимая податливость крепи составит (п. 5.18):

$$\Delta=U_{кр}+\Delta U_п=210+50=260\ \text{мм}.$$

Согласно п. 5.19 для откаточного штрека пл. II принимается арочная трехзвенная крепь. В соответствии с требованиями «Унифицированных типовых сечений горных выработок» (Киев, 1971, т. I) плотность установки этой крепи в откаточном штреке принимается равной 1 раме на 1 м.

Вентиляционный штрек пл. II. Исходные данные для расчета $H=450$ м; $R_c^p=465$ кгс/см^2. Смещения пород за весь срок службы рассматриваемого штрека равны (см. табл. 62 и п. 6.26):

$$U_{общ}=(U'_{пр}+12V'_0 k_t+U'_1)k_{кр}\,k_s\,k_m;$$

$U'_{пр}=100$ мм (см. рис. 31); $V'_0=30$ мм/мес (см. рис. 32); $k_t=1{,}09$ (см. табл. 16); $U'_1=270$ мм (см. рис. 33); $k_{кр}=1$ (см. табл. 26); $k_s=1$ (см. табл. 17); $k_m=0{,}8$ (см. табл. 18).

$$U_{общ} = (100 + 12 \cdot 30 \cdot 1{,}09 + 270) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}8 = 620 \text{ мм}.$$

Раздельные смещения кровли и почвы (п. 5.11 и рис. 16):

$$U_{кр} = U_{общ} k = 620 \cdot 0{,}52 = 320 \text{ мм},$$

$$U_{п} = U_{общ} (1 - k_{к}) = 298 \text{ мм}.$$

Необходимая податливость крепи равна (п. 5.18):

$$\Delta = U_{кр} + \Delta U_{п} = 320 + 80 = 400 \text{ мм}.$$

В соответствии с п. 5.19 крепление вентиляционного штрека должно производиться пятизвенной арочной металлической крепью с ножкой 600 мм с плотностью 1 рама на 1 м.

Выработки пл. III. Откаточные штреки проводятся в массиве на всю длину панели, подвергаются последовательному влиянию надработки пластом II и очистных работ пласта III, поддерживаются позади выработанного пространства с помощью двухрядной органной крепи и в последующем, при отработке нижележащего этажа, используются в качестве вентиляционных. Срок службы выработок, таким образом, составит примерно 5 лет. Глубина расположения — 450 м, расчетная прочность пород $R_{c}^{p} = 700$ кгс/см^2.

Общие смещения пород в выработках пл. III за весь срок поддержания определяются по формуле 89 (п. 7.11):

$$U_{общ} = [U_0 + U_{н} + 12 V_{н} k_t] k_s \; k_m + U k_{рн},$$

где $U_0 = k_{пр} (U_{пр} + 12 V_0 k_t)$; $U = (2{,}4 U_1 k_{кр} + U_1^{ост}) k_s \; k_m$; $k_{пр} = 1$ (п. 5.10); $U_{пр} = 30$ мм, $V_0 = 2$ мм/мес (см. рис. 15); $k_t = 1{,}05$ (см. табл. 16); $k_s = 1$ (см. табл. 17); $k_m = 0{,}6$ (табл. 18); $U_0 = 1(30 + 12 \cdot 2 \cdot 1{,}05) = 55$ мм; $V_{н} = 2$ мм/мес (рис. 65); $U_{н} = 170$ мм (рис. 64); $U_1 = 200$ мм (см. рис. 26); $k_t^1 = 1$ (табл. 16). $U_1^{ост} = (U_{табл}^{ост} + 12 V_1^{ост} k_t) k_t$ (см. п. 6.23). $U_{табл}^{ост} = 80$ мм (рис. 27); $V_1^{ост} = 2$ мм/мес. (рис. 29); $k_{кр} = 1$ (табл. 26); $k_{рн} = 0{,}5$ (табл. 57); $U_1^{ост} = (80 + 12 \cdot 2 \cdot 1{,}05) \cdot 1 = 105$ мм.

$$U_{общ} = (55 + 170 + 12 \cdot 2 \cdot 1) \cdot 1 \cdot 0{,}6 +$$

$$+ (2{,}4 \cdot 200 \cdot 1 + 105) \cdot 1 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}5 = 325 \text{ мм}.$$

Раздельные смещения кровли и почвы (п. 5.11 и рис. 16):

$$U_{кр} = U_{общ} k = 325 \cdot 0{,}9 = 293 \text{ мм}$$

$$U_{п} = U_{общ} - U_{кр} = 32 \text{ мм}.$$

Согласно п. 5.18 и табл. 21 необходимая податливость крепи должна быть:

$$\Delta = U_{кр} + \Delta U_{п} = 293 + 20 = 313 \text{ мм.}$$

Согласно действующим типовым проектам и в соответствии с п. 5.19, при расчетных смещениях более 300 мм необходимо применить пятизвенную арочную податливую крепь с длиной ножки 600 мм плотностью установки 1 рама на 1 м.

УТОЧНЕНИЯ И РАЗЪЯСНЕНИЯ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ «УКАЗАНИЙ...»

1. К п. 2.9.

Перечень нормативных документов дополнить: Требования к определению механических свойств горных пород при геологическом изучении полей шахт Министерства угольной промышленности СССР (при разведке, строительстве, реконструкции и эксплуатации) (изд. ВНИМИ, Л., 1977).

2. К п. 3.28.

Дополнить фразой: «Если при вычислениях по формуле (13) знаменатель подкоренного выражения получится меньше нуля, то необходимо применять более прочный материал».

3. К п. 4.10.

В табл. 9 дано допустимое расстояние между горизонтальными выработками. Допустимое расстояние между наклонными выработками принимается таким же, как для выработок, пройденных по простиранию.

4. К пп. 4.13—4.16.

Для исключения оседания подрабатываемых капитальных выработок, пройденных по простиранию (см. рис. 5, *б*), размер целика со стороны падения определяется по углу сдвижения γ в соответствии с «Правилами охраны...». При этом за границу охраняемой площади принимается размер целика по собственному или надрабатывающему пласту, определенный по п. 4.15.

Во всех случаях ширина целиков откладывается от нормали, проводимой через выработку, в сторону границы очистных работ.

5. К п. 4.18.

Расстояние от выработок (в плане), расположенных в надработанной толще, до границы очистных работ должно приниматься равным величине междупластья, но не менее 10 и не более 40 м.

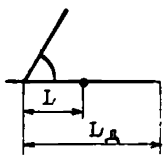
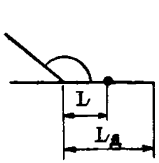
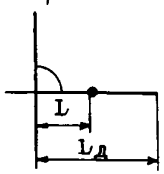
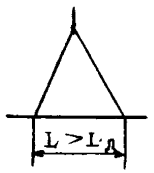
6. К п. 4.20.

Значения коэффициента K_v, приведенные в табл. 13, относятся только к случаю устойчивых пород (при ожидаемых смещениях $U=U_т$ $K_{общ} \leqslant 50$ мм).

При ожидаемых смещениях контура выработки от 50 до 200 мм коэффициент K_v для основных выработок околоствольных дворов равен 1,3, а для главных магистральных выработок и вспомогательных выработок — 1,15. При смещениях от 200 до 500 мм коэффициент K_v равен соответственно 1,2 и 1,1 и при смещениях свыше 500 мм — 1,1 и 1,05.

В табл. 14 значения коэффициента $K_в$ приведены для варианта последовательной проходки и крепления сопрягающихся выработок.

Для сопрягающихся выработок, проводимых одновременно на участке их взаимного влияния, величину коэффициента $K_в$ следует принимать по нижеприведенной таблице:

Относительное расстояние от угла сопряжения $\frac{L}{L_д}$	Значение $K_в$ для типов сопряжений			
	$\beta < 90°$ 	$\beta > 90°$ 	$\beta = 90$ 	
0,00	1,25	1,25	1,50	1,50
0,25	1,15	1,10	1,35	1,35
0,50	1,10	1,05	1,25	1,25
0,75	1,05	1,00	1,10	1,10
$\geqslant$1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

7. К п. 4.26.

При проведении работ по тампонажу расчетную прочность пород R_c^p необходимо увеличить на 30% и вновь определить расчетные смещения.

При совместном проведении работ по тампонажу и цементации расчетная прочность R_c^p увеличивается на 60%.

8. К п. 4.29.

Для монолитных бетонных и железобетонных типов крепи при определении конструктивной податливости крепи ($U_{кр}$) следует учитывать величину усадки и ползучести бетона при твердении, которую следует принимать для однопутевых выработок равной 20 мм, для двухпутевых — 40 мм.

Список замеченных опечаток

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
20	3 снизу	$\mathrm{tg}(\frac{\pi}{4}-\frac{\rho}{2})$	$\mathrm{tg}(\frac{\pi}{4}+\frac{\rho}{2})$
22	Формула (10)	$P=$	$P_п=$
35	Табл. 8	250	>250
53	Табл. 15	300–600	300–900
61	11 снизу	Расчетные смещения пород, мм	Расчетные смещения пород кровли, мм
71	Формулы (48) (49)	$U_1^{ост}=(U_{1табл}^{ост}+V_1^{ост}t_1)\times$ $\times k_{кр}k_m k_s$ $U_1^{ост}=U_{1табл}^{ост}+12V_1^{ост}k_t)\times$ $\times k_{кр}k_m k_s$	$U_1^{ост}=(U_{1табл}^{ост}+V_1^{ост}t_1)k_{кр}$ $U_1^{ост}=(U_{1табл}^{ост}+12V_1^{ост}k_t)\times$ $\times k_{кр}$
133	12 сверху	линии I–I	линии II–II
	Табл. 41	ε, $1\cdot10^{-3}$	ε_z, $1\cdot10^{-3}$
	16 снизу	$\varepsilon_z=3{,}6\cdot10^5$ кгс/см^2	$E_{ср}=3{,}6\cdot10^5$ кгс/см^2
	7 снизу	(сечение II–II).	(сечения I–I и II–II).
135	13 сверху	Минимально допустимое	Максимально допустимое
136	2 сверху	осадочные швы	разрезные швы
168	4 снизу	$V_0=22$ м/мес	$V_0=22$ мм/мес
	1 снизу	$U_{общ}=1(500+12\cdot22\cdot1{,}45)\times$ $\times 1{,}4\cdot0{,}8=990$ мм	$U_{общ}=1(500+12\cdot22\cdot1{,}45)\times$ $\times 1{,}1\cdot0{,}8=780$ мм

ОГЛАВЛЕНИЕ

Основные термины и условные обозначения 3
Введение 5
1. Область и условия применения 7
2. Общие положения 10
3. Вертикальные шахтные стволы 13
Основные положения 13
Определение условий поддержания стволов 15
Оценка устойчивости пород 16
Определение расчетных нагрузок на крепь 20
Выбор типа и расчет параметров крепи 24
Выбор мер защиты крепи в деформирующемся массиве 27
4. Выработки околоствольных дворов и главные магистральные выработки 31
Основные положения 31
Определение расчетной прочности пород 33
Выбор оптимального расположения и охраны выработок . . . 35
Определение расчетных максимальных смещений пород по контуру сечения выработки 38
Выбор типа крепи и определение ее параметров 43
5. Основные подготовительные выработки 51
Основные положения 51
Определение расчетной прочности пород 52
Определение параметров охраны и расчетных смещений пород . . 53
Выбор типа и параметров крепи 61
6. Выемочные пластовые выработки 62
Основные положения 62
Определение исходных геологических данных 63
Условия применения бесцеликовых способов охраны выработок 66
Определение параметров поддержания выработок на пологих и наклонных пластах 66
Определение параметров поддержания выработок на крутонаклонных и крутых пластах 80
Приложения:
1. Горногеомеханические основы выбора рациональных способов охраны и поддержания горных выработок 85
2. Определение сокращенных размеров целиков по простиранию для охраны вертикальных стволов 93
3. Порядок выемки целиков, методика и примеры расчета сдвижений и деформаций околоствольного массива 95
4. Примеры выбора и расчета крепи шахтных стволов 124
5. Методика статического и прочностного расчета крепи на ЭВМ по программе «КРЕПЬ» 138
6. Примеры выбора расположения капитальных выработок, параметров их охраны и расчет крепи 149
7. Примеры выбора способа охраны, типа и параметров крепи подготовительных выработок 168
7. Охрана и поддержание подготовительных выработок при разработке свиты пологих и наклонных тонких и средней мощности пластов . 174
Основные положения 174
Выбор места заложения подготовительных выработок при выемке свиты пластов 176
Выбор типа и параметров крепи выработок при их надработке, подработке и проведении в разгруженном массиве 177
Определение безопасных расстояний при надработке или подработке полевых и пластовых выработок 183

Расчет абсолютных оседаний и максимальных наклонов подрабатываемых выработок 184

Приложения:

8. Примеры выбора способов охраны, типа и параметров крепи надрабатываемых и подрабатываемых выработок при разработке свиты пологих пластов 186
9. Пояснения к практическому применению рекомендаций главы 7 192

Разъяснения и уточнения к первому изданию «Указаний...» 207

УКАЗАНИЯ
ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ РАСПОЛОЖЕНИЮ, ОХРАНЕ
И ПОДДЕРЖАНИЮ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК
НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ СССР

Издание 2-е дополненное

Редакторы В. Д. Вакуленко, Ф. А. Зейбот
Техн. редактор А. Г. Образцова

Подписано к печати 4/I-79 г. М-25502
Формат бумаги 60×90/16. Объем 13,25 п. л. Тираж 4000.
Печатный цех ВНИМИ. Заказ 75. Бесплатно.

gost.e-ecolog.ru