



«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра строительства горных предприятий и подземных сооружений

Допущены

к проведению занятий в 2016-2017 уч.году
Заведующий кафедрой СГП и ПС
профессор

А.Г. Протосеня

«01» сентября 2016 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ
для проведения лабораторных занятий по учебной дисциплине

**«ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ПРОВЕДЕНИЕ ГОРНЫХ
ВЫРАБОТОК»**

Специальность (направление подготовки): *21.05.02 «Прикладная геология»*

Специализация (профиль): *«Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания»; «Геологическая съёмка, поиски и разведка месторождений твёрдых полезных ископаемых»; «Геология нефти и газа»; «Прикладная геохимия, минералогия, петрология».*

Разработал: *доцент Трушко О.В.*

*Обсуждены и одобрены на заседании кафедры
Протокол № 14 от 21 июня 2016 г.*

Введение

Лабораторный практикум составлен в соответствии с учебным планом и программой учебной дисциплины «Горные машины и проведение горно-разведочных выработок».

Лабораторный практикум предназначен для более глубокого усвоения лекционного материала по изучению типов горных выработок, их назначению и положению в пространстве, факторов влияющих на форму и размеры поперечного сечения горных выработок согласно типовым сечениям горных выработок, видов и параметров горных крепей и определению коэффициента крепости пород.

Лабораторные работы выполняются студентами самостоятельно под руководством преподавателя. Перед тем как начать выполнения лабораторных работ студенты должны ознакомиться с правилами техники безопасности и изучить содержание и порядок выполнения лабораторных работ.

Полученные результаты фиксируются в таблицах рекомендуемой формы, сопровождаются эскизными зарисовками и выводами, полученными сравнением экспериментальных данных с ГОСТами и ТУ.

Лабораторные работы принимаются у студентов после проверки преподавателем правильности выполнения измерений и вычислений. Работа считается выполненной, если студент показал достаточные знания по ее теоретической и практической части, и сделал правильные выводы по результатам работы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

ВЫБОР ТИПА ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЗАДАННЫХ УСЛОВИЙ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – приобретение практических навыков в выборе типа горной выработки в зависимости от заданных условий.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Геологическая разведка и определение балансовых запасов позволяют обосновать технологию и составить проект разработки месторождения полезного ископаемого. Вначале 1 этапа месторождение делят на рациональные участки, которые можно обрабатывать отдельными предприятиями. Такие участки называют шахтными полями.

На 2 этапе проектирования обосновывают эффективные схемы вскрытия и подготовки шахтных полей к очистным работам (добыче угля) путём сложных расчётов.

Вскрытие шахтного поля - это проведение горных выработок, открывающих доступ с поверхности земли к угольным пластам или участку месторождения. По выработкам, в период эксплуатации транспортируют и выдают на поверхность полезное ископаемое, доставляют оборудование и материалы, подают воздух и перемещают людей.

Срок службы вскрывающих выработок соизмерим со сроком существования шахты. Их относят к капитальным, включая в основные фонды предприятия.

Подготовка шахтного поля - это проведение после вскрытия горных выработок, завершающееся созданием очистных забоев в количестве, достаточном для достижения проектной мощности шахты.

Горные выработки представляют собой искусственные полости (пустоты) в земной коре, созданные в основном путём извлечения полезного ископаемого или породы. Поскольку они возникли в результате целесообразной деятельности человека, то их следует относить к потребительным стоимостям - средствам производства или предметам потребления.

Горно-разведочные выработки служат геологам для кратковременного обнажения горных пород, вмещающих полезные ископаемые, а *эксплуатационные* – для длительного пользования уже при разработке месторождений.

Эксплуатационные выработки по назначению подразделяются на *капитальные, подготовительные и очистные*. *Капитальные* служат для обеспечения доступа к месторождению с поверхности, *подготовительные* – для подготовки его к отработке, а *очистные* являются собственно эксплуатационными, то есть с их помощью производится выемка полезного ископаемого. [8]

По отношению к дневной поверхности все горные выработки делятся на *открытые (поверхностные) и подземные*. Различать их можно по форме поперечного сечения. Для подземных это сечение замкнуто контуром стенок, а для открытых выработок контур поперечного сечения открыт со стороны дневной поверхности.

Правильное понимание горной технологии не возможно без предварительной характеристики её средств и предметов труда.

Порядок проведения работы

Для выполнения лабораторной работы студентам необходимо изучить классификацию горных выработок рис.1 и расположение горных выработок в пространстве рис.2., а затем необходимо указать изученные выработки на реальном плане горных выработок шахты (рудника).

Выбор места размещения горизонтальной и наклонной выработки необходимо проводить с учётом общих компоновочных решений.[2]

При этом, как правило, следует:

- располагать главные вскрывающие выработки в устойчивых породах, а при их отсутствии - вкрест простирания слоистости или трещиноватости пород, а также на расстояниях, исключающих взаимное влияние выработок;
- избегать расположения выработок в зонах крупных тектонических нарушений и напорных водоносных горизонтов;
- предусматривать возможность выемки полезного ископаемого из предохранительных целиков при погашении выработок;
- предусматривать минимальное количество типоразмеров сечений выработок околоствольных дворов и сопряжений.

Охрану выработок околоствольного двора и главных магистральных выработок, как правило, следует осуществлять с помощью предохранительных целиков, исключающих воздействие очистных работ.

В выработках, испытывающих воздействие очистных работ, следует предусматривать конструктивные меры защиты крепи.

Горизонтальные и наклонные выработки, как правило, должны располагаться на расстояниях L_d , исключающих их взаимное влияние и определяемых по формуле:

$$L_d \geq (b_1 + b_2)k_L, (1)$$

где $b_1 + b_2$ - суммарная ширина взаимовлияющих выработок в проходке (вчерне), м;

k_L - коэффициент, определяемый по табл. 1.

Таблица 1

Расчётная глубина расположения выработки от поверхности H_p , м	коэффициент k_L при расчётном сопротивлении R_c , МПа							
	для выработок по простиранию				для выработок вкрест простирания			
	30 (300)	60 (600)	90 (900)	более 120 (1200)	30 (300)	60 (600)	90 (900)	более 120 (1200)
До 300	$\frac{3,5}{2,0}$	$\frac{1,8}{1,6}$	$\frac{1,5}{1,3}$	$\frac{1,2}{1,0}$	1,8	1,5	1,2	1,0
Свыше 300 до 600	$\frac{4,0}{2,5}$	$\frac{2,0}{1,8}$	$\frac{1,7}{1,5}$	$\frac{1,4}{1,2}$	2,2	1,8	1,5	1,2
Свыше 600 до 900	$\frac{4,5}{3,0}$	$\frac{2,5}{2,1}$	$\frac{2,0}{1,7}$	$\frac{1,6}{1,4}$	2,6	2,1	1,7	1,4
Свыше 900 до	$\frac{5,0}{3,5}$	$\frac{3,5}{3,0}$	$\frac{2,5}{2,0}$	$\frac{1,8}{1,6}$	3,0	2,5	2,0	1,5

Расчётная глубина расположения выработки от поверхности H_p , м	коэффициент k_L при расчётном сопротивлении R_c , МПа							
	для выработок по простиранию				для выработок вкрест простирания			
	30 (300)	60 (600)	90 (900)	более 120 (1200)	30 (300)	60 (600)	90 (900)	более 120 (1200)
1200								
Свыше 1200	$\frac{5,5}{4,0}$	$\frac{4,0}{3,5}$	$\frac{3,0}{2,3}$	$\frac{2,0}{1,8}$	3,4	2,9	2,4	1,7

Примечания: 1. В числителе k_L для выработок с α до 35° и в знаменателе - при α свыше 35° 2. k_L для наклонных выработок принимается как для горизонтальных, пройденных по простиранию.

К открытым горным выработкам относятся закопушки, расчистки, каналы, траншеи, карьеры. Элементами формы выработок являются их дно (полотно) и боковые стенки. Забоем называют технологический элемент формы выработки, который перемещается по мере проходки. В шурфе это дно, в штольне – торцевая стенка, а в канаве то и другое. [6]

Закопушка – самая мелкая по объёму горная выработка, это небольшая ямка. Применяется обычно при картировании и для отбора проб горных пород с поверхности.

Канавы представляют собой неглубокие протяжённые выработки которые широко применяются на стадии поисковых и оценочных работ для обнажения рудных тел и коренных пород, залегающих близко к поверхности.

Траншеи от канав отличаются большей протяжённостью, глубина их может достигать пяти метров, поэтому поперечный их профиль может быть ступенчатым, с дополнительными площадками - бермами для перевала породы. Может при этом применяться и искусственная крепь. Траншеи обычно проходятся уже на стадии оценки и разведки месторождений или их вскрытия для отработки.

Расчистка – это искусственное обнажение, неглубокое, но большое по площади, форма неправильная и определяется контуром необходимого вскрытия породы. Применяется при изучении геологических структур или отбора больших по объёму проб.

Карьер – большая по площади и глубине открытая эксплуатационная выработка неопределённой формы, зависящей от расположения и морфологии рудных тел. Угольные карьеры называются также **разрезами**.

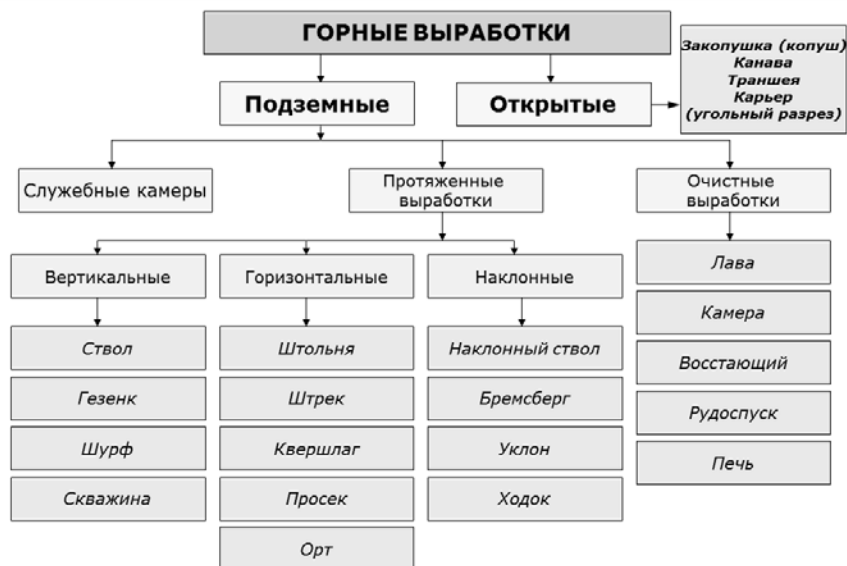


Рис.1. Классификация горных выработок

Подземные горные выработки делятся на горизонтальные, вертикальные и наклонные. По направлению ведения проходческих работ различают нисходящие, когда они проходятся сверху вниз, и на восстающие, когда ведутся снизу вверх.

Вертикальные выработки.

Шахтный ствол вертикальная (реже наклонная) капитальная горная выработка, имеющая непосредственный выход на земную поверхность и предназначенная для обслуживания подземных горных работ. Через шахтные стволы осуществляется спуск и подъем полезного ископаемого, породы, материалов, оборудования, людей и осуществляют проветривание шахты. В некоторых случаях шахтный ствол проходится из горизонтальных подземных выработок, например из штолен, и называется «слепым».

Гезенк - подземная вертикальная или крутая наклонная горная выработка проходимая по падению рудного тела (сверху вниз), не имеющая непосредственного выхода на поверхность. При проходке по восстанию (снизу вверх) называется восстающим.

Шурф – вертикальная выработка квадратного, прямоугольного или круглого сечения, имеющая непосредственный выход на поверхность. Шурф предназначен для разведки полезных ископаемых, геологической съёмки, вентиляции, водоотлива, транспортирования материалов, спуска и подъёма людей и для других целей.

Скважина - горная выработка круглого сечения, пробуренная с поверхности земли или с подземной выработки без доступа человека к забою под любым углом к горизонту, диаметр которой намного меньше ее глубины. Бурение скважин проводят с помощью специального бурового оборудования. Различают вертикальные, горизонтальные, наклонные скважины.

Горизонтальные выработки.

Штольня - в отличие от других типов горизонтальных выработок имеет непосредственный выход на дневную поверхность. Предназначена для добычи полезных ископаемых или обслуживания горных работ. Является основной вскрывающей выработкой при разработке месторождений в районах с гористым

рельефом.

Штрек – горизонтальная выработка, не имеющая непосредственного выхода на дневную поверхность, проходима по простиранию тел полезных ископаемых при наклонном их залегании, а при горизонтальном залегании тела – в любом направлении по протяжённости месторождения.

Различают рудный штрек и полевой, рудные располагаются непосредственно в рудном теле, полевые проходят по пустой породе в непосредственной близости от рудного тела.

Квершлаг – горизонтальная, реже наклонная, подземная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность и пройденная по вмещающим породам в крест простирания пласта полезного ископаемого. Квершлаг предназначается для транспортирования полезного ископаемого, грузов (самоходным, рельсовым или конвейерным транспортом), а также для передвижения людей, вентиляции, стока воды и т.д.

Просек – горизонтальная горная выработка в толще полезного ископаемого для проветривания шахты или соединения выработок.

Просек может использоваться для обслуживания выемочных участков при отработке пластовых месторождений (например, угольных). Обычно проводится параллельно штреку, который охраняется целиками угля (полезного ископаемого).

Просек, используемый для монтажа очистного оборудования, называется *разрезным*.

Орт - горизонтальная подземная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на поверхность и проведённая по рудному телу вкрест простирания залежи полезного ископаемого.

Орт предназначен для сбора и перемещения добытых в забоях шахты полезных ископаемых к главной транспортной магистрали.

Наклонные выработки.

Наклонный ствол - наклонная подземная горная выработка, имеющая непосредственный выход на земную поверхность и служащая для тех же целей, что и вертикальный ствол. Наклонный ствол в большинстве случаев проводят по пласту, реже - по породам.

Бремсберг - проходится по падению полезного ископаемого, но в отличие от уклона используется для спуска грузов и людей с нижнего на верхний горизонт.

Уклон проходится по падению пласта полезного ископаемого. При добыче полезного ископаемого используется обычно для подъёма грузов с нижнего горизонта на верхний.

Ходок - горная выработка, проводимая параллельно бремсбергу и уклону и служащая для передвижения людей и доставки грузов, проветривания и других целей. В зависимости от назначения их делят на людские и грузовые.

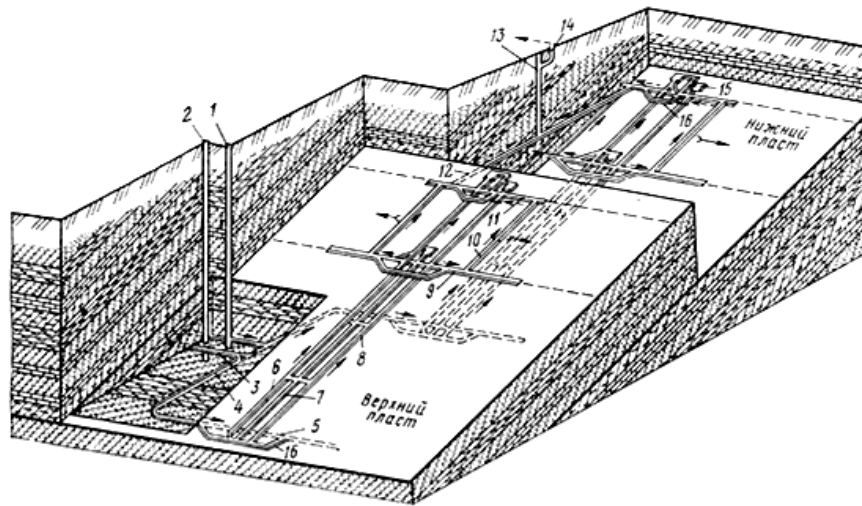


Рис.2. Схема расположения горных выработок

1,2 – стволы соответственно вспомогательный и главный (скиповой); 3 – околоствольный двор; 4,12 – квершлагги соответственно откаточный и вентиляционный; 5,11 – штреки соответственно главный откаточный (полевой) и этажный вентиляционный; 6,8 – ходки соответственно грузовой и людской; 7 – бремсберг; 9 – штрек этажный транспортный; 10 – разрезная печь; 13 – ствол вентиляционный; 14 – канал; 15 – камера; 16 – обходная выработка приёмно-отправочной площадки

Очистные выработки.

Лава - подземная очистная горная выработка (в которой производится добыча полезного ископаемого) значительной протяжённости (от нескольких десятков до нескольких сот метров), один бок которой образован массивом угля (забоям лавы), а другой - закладочным материалом или обрушенной породой выработанного пространства. Имеет выходы на транспортный и вентиляционный выемочные штреки или на просеки.

Камера – горная выработка, которая при сравнительно больших поперечных размерах имеет небольшую длину и предназначена для размещения оборудования, материалов и инвентаря и других целей.

Восстающий - называется вертикальная или наклонная горная выработка горная выработка, не имеющая выхода на дневную поверхность и проводимая снизу вверх (по восстанию пласта). Служит для проветривания шахтного пространства, перемещения людей, спуска породы, доставки материалов, обеспечения энергией, а также для разведочных целей.

Рудоспуск - горная выработка, предназначенная для транспортировки руды под собственным весом из рабочей зоны горнодобывающего предприятия на расположенный ниже транспортный горизонт. Рудоспуски проходят в скальной горной породе для того, чтобы сократить расстояние транспортировки полезного ископаемого. Применяются на рудниках, добываемых руду открытым, подземным или комбинированным (открыто-подземным) способом в условиях, когда рельеф местности и условия залегания рудного тела позволяет применить данный вид транспортировки руды.

Печь – наклонная подземная горная выработка, пройденная по пласту. Предназначаются для транспортирования людей, породы, грузов, вентиляции и других целей.

Околоствольный двор - взаимосвязанный комплекс капитальных горных выработок, расположенных непосредственного у ствола на транспортном горизонте, специально оборудованных и связывающих ствол с главными выработками горизонта и предназначенных для обслуживания горных работ на горизонте в соответствии с назначением ствола. Главная функция околоствольного двора - это передача грузов между подъёмами от магистрального транспорта к подъёму, что предопределяет их тип, расположение и размеры основных откаточных выработок, механизацию маневровых и разгрузочных работ.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

ИЗУЧЕНИЕ ТИПОВЫХ ПАСПОРТОВ КРЕПЛЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

ЦЕЛЬ РАБОТЫ - изучить типовые паспорта крепления горизонтальных горных выработок на основе альбомов «Типовые сечения горных выработок».

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Каждый том «Типовые сечения горных выработок» [5] написан по следующему плану: размеры поперечного сечения горных выработок, крепь горных выработок, определение проектного объёма работ при проведении горных выработок, расположение коммуникаций в горных выработках, схемы сечения горных выработок и расчётные формулы для определения их размеров. Сечения горных выработок при откатке аккумуляторными электровозами. Квершлагги и коренные штреки со сводчатым или плоским перекрытием.

Факторами, определяющими форму поперечного сечения горной выработки, являются её назначение, физико-механические свойства горных пород, назначение и срок службы выработки, материал крепи, положение выработки в пространстве, размеры ее поперечного сечения, величина и направление горного давления и многие другие. В зависимости от указанных факторов горные выработки имеют различные формы поперечного сечения: прямоугольную, трапециевидную, полигональную, несимметричную, сводчатую, круглую эллиптическую, с почвенным сводом. При бетонной или каменной крепи форма поперечного сечения выработки может быть сводчатая, круглая или эллиптическая, при металлической -любая, при сборной железобетонной крепи выработка может принимать форму поперечного сечения прямоугольную, трапециевидную, полигональную или с криволинейным очертанием выработки. Наличие горного давления со стороны почвы вызывает необходимость придавать выработке криволинейные замкнутые очертания - в виде обратного свода или овала.

При всестороннем горном давлении выработке, как правило, придается круглая форма. Несимметричные формы поперечного сечения горизонтальных подготовительных выработок вызваны стремлением наилучшим образом вписаться в угольный пласт с целью обеспечения проведения их без присечки пород с минимально необходимым объёмом присекаемых пород, а также для большей устойчивости обнажений. Для этих условий наиболее приемлемой

крепью является анкерная крепь, которую можно применять при любой форме выработки.

Рассматривая формы поперечного сечения горизонтальных выработок, следует отметить, что наиболее распространёнными формами являются трапециевидная и сводчатая - криволинейная. Последняя форма выработки наиболее устойчива, так как в этом случае крепь работает, главным образом, на сжатие.

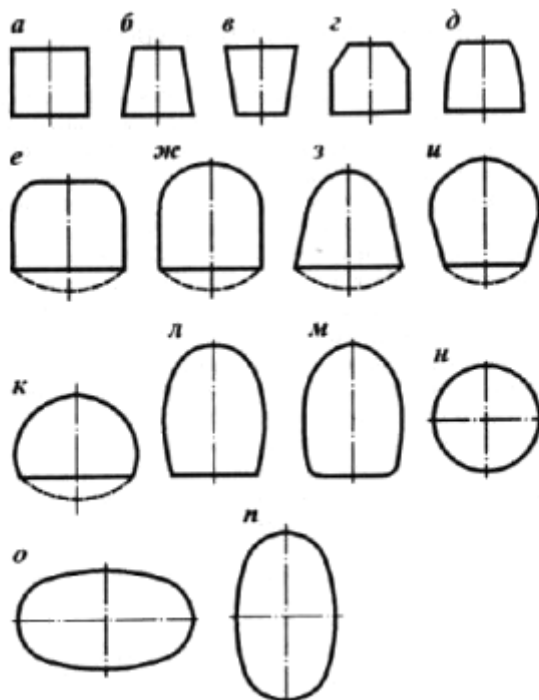


Рис. 3. Формы поперечного сечения горных выработок
 а - прямоугольная; б, в – трапециевидная; г – полигональная; д – бочкообразная; е, ж – соответственно трехцентровой пониженный и полуциркульный свод с вертикальными стенками; з – циркульный пониженный свод с наклонными стенками; и – полуциркульный свод; к, л, м – подковообразные; н – круглая; о, п - эллиптическая

В угольной промышленности арочную форму с металлической рамной крепью (рис.4, а) применяют при проведении выработок в породах с $f=3\div 9$, находящихся в зоне установившегося горного давления, а также в зоне влияния очистных работ при отсутствии пучащих пород в почве.

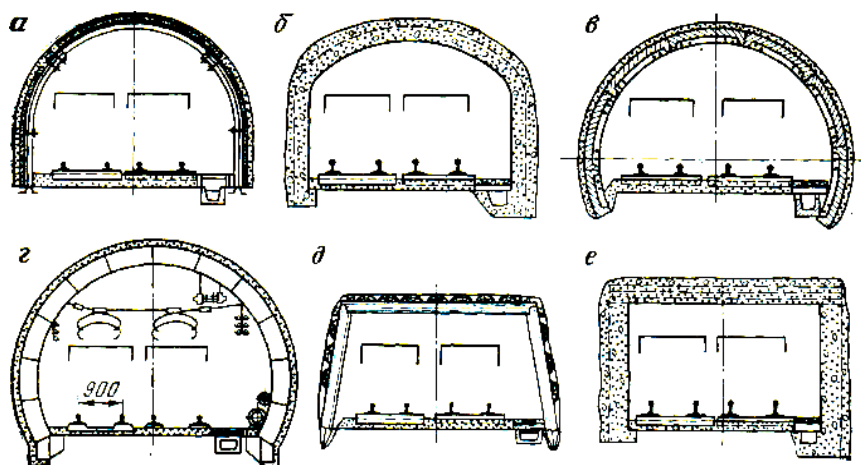


Рис. 4. Формы поперечного сечения горных выработок закрепленных горной крепью

В горнорудной промышленности арочная и сводчатая формы применяются при креплении выработок набрызгбетоном, анкерами и металлической рамной крепью. В крепких породах ($f \geq 10$) горные выработки с арочной формой проводят без крепи.

Достоинство арочной формы крепи заключается в том, что по своей конфигурации она приближается к своду естественного равновесия, что уменьшает горное давление на крепь. Но при этом увеличиваются по сравнению с трапециевидной формой объем вынимаемой породы и расход крепёжного материала.

Сводчатую форму с монолитной бетонной (железобетонной) крепью (рис.4, б) применяют при проведении выработок околоствольного двора, а также протяжённых выработок в слабых неустойчивых породах. При пучении пород в почве применяют сводчатую форму с обратным сводом.

Подковообразную форму сечения с тубинговой сборной (рис.4, в) и блочной крепью (рис.4, г) применяют при проведении протяжённых капитальных выработок в слабых породах с высоким горным давлением (0,3-0,5 МПа).

Кольцевая форма с металлической рамной, сборной железобетонной, блочной и монолитной бетонной крепью имеет ограниченное применение при проведении выработок с высоким всесторонним горным давлением.

Трапециевидную форму с рамной деревянной крепью (рис.4, д) применяют в выработках с небольшим сроком службы. Достоинство этой формы - более полное по сравнению с другими формами использование поперечного сечения.

Прямоугольную форму (рис.4, е) применяют при проведении камер околоствольного двора и протяжённых выработок с бетонной или анкерной крепью.

Размеры поперечного сечения горных выработок определяются количеством воздуха, пропускаемого по этим выработкам, максимальными размерами транспортных средств, применяемых для транспортирования полезного ископаемого и доставки материалов и оборудования, допустимыми зазорами между наружным размером транспортных средств и внутренней стенкой выработки, предусмотренными Едиными правилами безопасности (ЕПБ). [1]

Скорость движения струи воздуха по выработке регламентирована ЕПБ и в основных транспортных выработках не должна превышать 8 м/с.

Пласты угля, по которым проводят выработки, имеют большой диапазон изменения (от 0,5 до 15 м) и угол падения (от 0 до 90°). Площадь поперечного сечения подготовительных выработок составляет от 1,5 до 20 м², а длина их - от 6 до 1000 м и более.

Различия в углах падения и мощности пластов, способах вскрытия шахтных полей и их подготовки, физико-механических свойствах вмещающих пород предопределяет многообразие видов выработки. Поперечные сечения горизонтальных и наклонных выработок должны соответствовать типовым их сечениям.

В соответствии с действующими ЕПБ в угольных и сланцевых шахтах минимальные площади поперечных сечений горных выработок в свету угольных и сланцевых шахт должны быть:

- главных откаточных и вентиляционных выработок, а также людских ходков, предназначенных для механизированной перевозки людей, - 6 м^2 при высоте не менее $1,9 \text{ м}$ от почвы (головки рельсов) до крепи или размещённого в выработке оборудования;

- участков вентиляционных, промежуточных, конвейерных и аккумулирующих штреков, людских ходков, участков бремсбергов, уклонов - 6 м при высоте не менее $1,8 \text{ м}$ от почвы (головки рельсов) до крепи или размещённого в выработке оборудования, вентиляционных просеков, печей, косовичников и других выработок - $1,5 \text{ м}^2$.

В соответствии с действующими ЕПБ безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом минимальные поперечные сечения выработок в свету для рудных шахт должны быть:

- для откаточных и главных вентиляционных выработок не менее 4 м - при деревянной и металлической крепи и не менее $3,5 \text{ м}^2$ - при каменной и бетонной крепи при высоте этих выработок в свету не менее 2 м от головки рельсов;

- для вентиляционных и промежуточных штреков и уклонов, а также выработок дренажных шахт - не менее 3 м^2 при высоте этих выработок в свету не менее $1,8 \text{ м}$;

- для вентиляционных восстающих, сбоек и т. п. - не менее $1,5 \text{ м}^2$. Ширина выработки при рельсовом транспорте складывается из наибольшей ширины подвижного состава (электровоза или вагонетки), зазоров между крепью и подвижным составом, зазоров между подвижными составами, при конвейерном транспорте - из ширины конвейера и зазоров между конвейером и крепью.

Согласно ЕПБ горизонтальные выработки, по которым производится транспортирование грузов, должны иметь ширину прохода для людей - $0,7 \text{ м}$, который выдерживается по высоте выработки не менее $1,8 \text{ м}$ от почвы (тротуара). Зазоры между крепью или оборудованием и наиболее выступающей кромкой габарита подвижного состава в горизонтальных выработках при деревянной, металлической и рамной железобетонной крепи должны быть не менее $0,25 \text{ м}$.

Указанная ширина проходов для людей должна быть выдержана по высоте выработки не менее $1,8 \text{ м}$ от почвы. Проходы для людей по всей длине выработки нужно устраивать с одной и той же стороны. Зазор между наиболее выступающими кромками встречных электровозов (вагонеток) должен быть не менее $0,2 \text{ м}$. На двухпутных участках выработок околоствольных дворов, откаточных и вентиляционных горизонтов строящихся и реконструируемых шахт и во всех других двухпутных выработках в местах, где производят маневровые работы, а также сцепку и расцепку вагонеток или составов (в том числе и на разминожках), у стационарных погрузочных пунктов производительностью 1000 т в сутки и более, а также в однопутных околоствольных выработках клетцевого ствола зазоры должны быть по $0,7 \text{ м}$ с обеих сторон.

Запрещается в двухпутных выработках устраивать проходы между путями. В местах посадки людей в пассажирские поезда по всей их длине должен быть проход шириной не менее 1 м между крепью и наиболее выступающими частями со стороны посадки, а при двусторонней посадке - с обеих сторон.

Во всех выработках, оборудованных конвейерной доставкой, ширина прохода должна быть с одной стороны не менее $0,7 \text{ м}$, а с другой - $0,4 \text{ м}$.

Расстояние от верхней выступающей части конвейера до верхняка должно быть не менее 0,5 м, а у натяжных и приводных головок - не менее 0,6 м.

В горизонтальных выработках, оборудованных конвейерами и рельсовым транспортом, а также в горизонтальных и наклонных выработках, оборудованных конвейерами и монорельсовым транспортом, зазор между конвейером и подвижным составом должен быть не менее 0,4 м, между конвейером и крепью - не менее 0,4 м, между подвижным составом и крепью - 0,7 м.

В наклонных выработках, оборудованных конвейерами и рельсовым транспортом, зазоры между крепью и конвейером должны быть 0,7 м, между конвейером и подвижным составом - 0,4 м и между подвижным составом и крепью - 0,2-0,25 м в зависимости от вида крепи. При монорельсовом транспорте расстояние между днищем сосуда или нижней кромкой перемещаемого груза и почвой выработки должно быть не менее 0,4 м.

При дорогах кресельного типа боковой зазор между крепью выработки или выступающей частью оборудования и осью каната на высоте зажима подвески должен составлять не менее 0,6 м, а зазор между осью каната и конвейером (при совмещении канатной дороги с конвейером) - не менее 1 м.

На закруглениях и в местах укладки стрелок зазоры между подвижным составом и крепью, а также ширина между путями должны быть увеличены в зависимости от радиуса закругления и жёсткой базы подвижного состава на величину, указанную в унифицированных Типовых сечениях горных выработок.

При откатке контактными электровозами и при механической доставке людей расстояние от головки рельсов до контактного провода в основных выработках должно быть не менее 1,8 м, на площадках и выработках для прохода людей - 2 м, в выработках околоствольного двора до места, где начинается посадка людей в вагонетки - 2,2 м. Если контактный провод для электровоза подвешен ближе к одной из сторон выработки, то свободный проход для людей необходимо устраивать на противоположной стороне этой выработки.

Для сохранения необходимой площади поперечного сечения выработок на весь срок службы размеры их поперечных сечений при поведении должны быть увеличены в соответствии с возможной податливостью крепи в вертикальном и горизонтальном направлениях под влиянием горного давления.

Порядок проведения работы

Для выполнения лабораторной работы студентам необходимо изучить факторы, влияющие на выбор формы и размеров поперечного сечения горизонтальной горной выработки, а затем выбрать горизонтальную горную выработку согласно исходным данным индивидуального задания, произведённому расчёту размеров горизонтальной горной выработки и альбомам «Типовые сечения горных выработок».

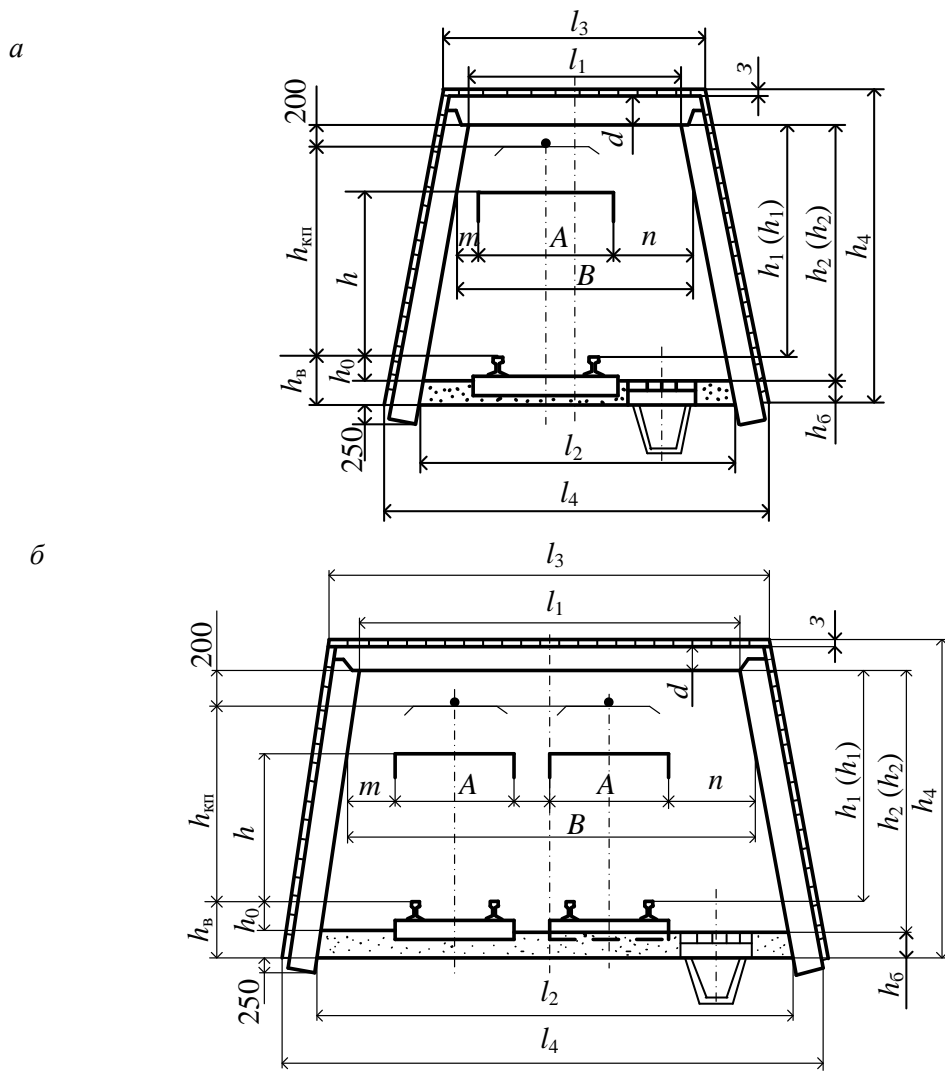


Рис. 5. Поперечные сечения выработок трапецевидной формы с рамной деревянной крепью: а – однопутевая; б – двухпутевая

Таблица 2

Формулы для определения размеров сечения выработок с трапецевидной деревянной крепью

Наименование показателей	Обозначения и расчетные формулы
Высота электровоза (вагонетки) от головки рельса	h
Ширина электровоза (вагонетки)	A
Расстояние от балластного слоя до головки рельса	h_0
Толщина балластного слоя	$h_б$
Расстояние от почвы выработки до головки рельса	$h_в = h_а + h_б$
Величина вертикальной податливости крепи	Π
Расстояние от головки рельса до верхняка после осадки	h_1
до осадки	$(h_1) = h_1 + \Pi$
Высота выработки в свету (от балласта до верхняка)	

	после осадки	$h_2 = h_1 + h_0$
	до осадки	$(h_2) = h_2 + \Pi$
Расстояние от почвы до верхняка после осадки		$h_3 = h_1 + h_B$
	до осадки	$(h_3) = h_3 + \Pi$
Диаметр верхняка		d
Толщина затяжки		3
Высота выработки вчерне (в проходке)		$h_4 = h_3 + d + 3$
Высота подвески контактного провода от головки рельса		$h_{\text{кп}} = 1800 \text{ мм};$ $2000 \text{ мм}; 2200 \text{ мм}$
Угол наклона стоек крепи		$\alpha = 80 - 83^\circ$
Минимальный проход на высоте 1,8 м от балласта		700 мм
Минимальные зазоры на уровне подвижного состава		$n = 700 + [1800 - h - h_0] \cdot \text{ctg}\alpha$
		$m = 250 \text{ мм};$
Минимальный зазор между подвижными составами		$c = 200 \text{ мм}$
Ширина выработки в свету на уровне подвижного состава		
	однопутевая	$B = m + A + n$
	двухпутевая	$B = m + 2 \cdot A + c + n$
Ширина выработки в свету по кровле		$l_1 = B - 2 \cdot (h_1 - h) \cdot \text{ctg}\alpha$
Ширина выработки в свету на уровне балласта		$l_2 = B + 2 \cdot (h + h_0) \cdot \text{ctg}\alpha$
Ширина выработки вчерне (в проходке) по кровле		$l_3 = l_1 + 2d + 2 \cdot 3$
Ширина выработки вчерне (в проходке) по почве		$l_4 = l_2 + 2d + 2 \cdot 3$

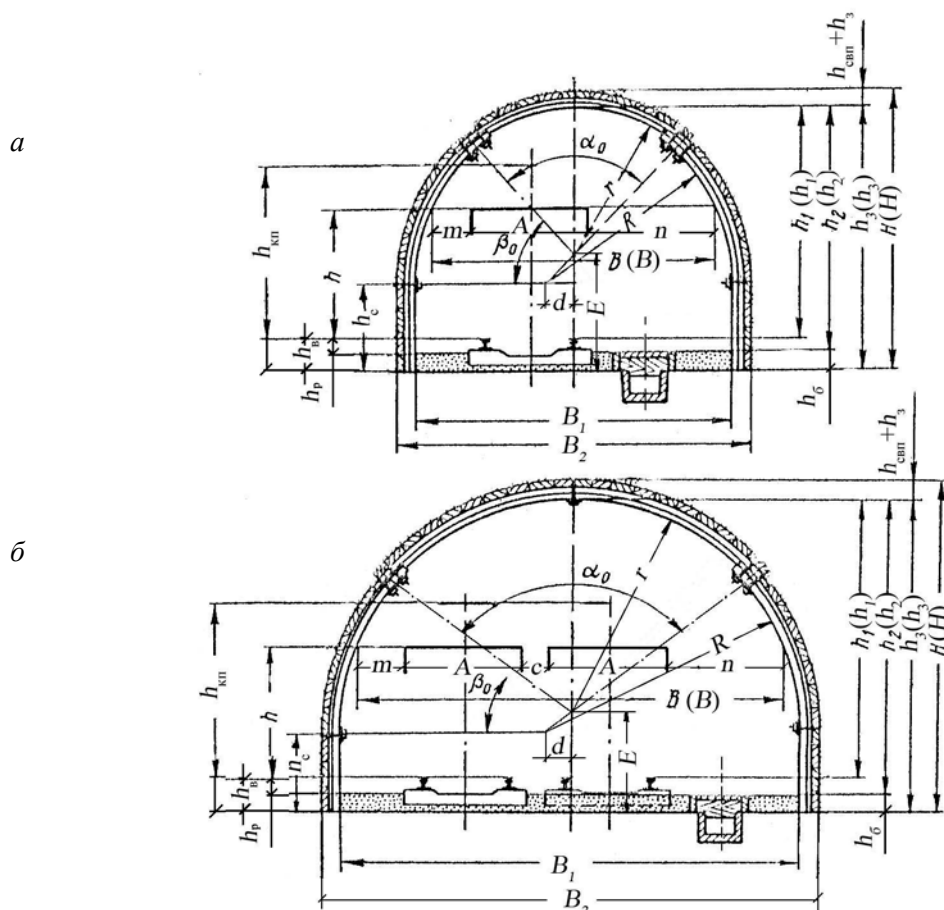


Рис. 6. Поперечные сечения выработок прямоугольно-сводчатой формы с арочной трёхзвенной податливой крепью (КМП-А3) из специального взаимозаменяемого профиля (СВП):
 а – однопутевая; б - двухпутевая

Таблица 3

Формулы для определения размеров сечения выработок с крепью КМП-А3

Наименование показателей	Обозначения и расчётные формулы
Высота электровоза (вагонетки) от головки рельса	h
Ширина электровоза (вагонетки)	A
Расстояние от балластного слоя до головки рельса	h_0
Толщина балластного слоя	h_6
Расстояние от почвы выработки до головки рельса	$h_B = h_a + h_6$
Длина прямолинейного участка стойки	h_c
Радиус дуги верхняка	r
	стойки R
Центральный угол дуги верхняка	$\alpha_0 = 180^\circ - 2\beta_0$
	стойки β_0
Высота сечения профиля СВП	$t_{\text{СВП}}$
Толщина затяжки	t_3
Высота подвески контактного провода от головки рельса	$h_{\text{кп}} = 1800 \text{ мм}; 2000 \text{ мм}; 2200 \text{ мм}$
Минимальный проход на высоте 1,8 м от балласта	700 мм
Минимальные зазоры на уровне подвижного	$m = 250 \text{ мм};$

<p>состава Минимальный зазор между подвижными составами Высота фланца СВП Радиус дуги верхняка Величина горизонтальной податливости Ширина выработки в свету на уровне подвижного состав до осадки</p> <p style="text-align: right;">однопутевая двухпутевая</p> <p>Ширина выработки в свету на уровне подвижного состава после осадки</p> <p style="text-align: right;">однопутевая двухпутевая</p> <p>Ширина выработки в свету по почве после осадки</p>	$c = 200 \text{ мм}$ h_{ϕ} $r = R - d/\cos\beta_0 + h_{\phi}$ Δ $(B) = m + A + n + 2 \Delta$ $(B) = m + 2 \cdot A + c + n + 2 \Delta$ $B = m + A + n$ $B = m + 2 \cdot A + c + n$ $B_1 = 2(R - d)$ $B_1 = 2R - 2(R - r + 30) \cos\alpha$
<p>Ширина выработки вчерне (в проходке) по почве Расстояние от почвы до центра радиуса дуги верхняка Величина вертикальной податливости Высота выработки в свету до осадки</p> <p style="text-align: right;">после осадки</p> <p>Высота выработки вчерне (в проходке) до осадки</p> <p>Периметр выработки в свету до осадки</p> <p>Площадь поперечного сечения в свету до осадки</p> <p style="text-align: right;">после осадки</p> <p>Площадь поперечного сечения вчерне (в проходке)</p>	$B_2 = B_1 + 2(t_{\text{СВП}} + t_3)$ $E = h_c + d \operatorname{tg}\beta_0$ Π $(h_3) = h_c + (R - r + 30) \sin \alpha + r$ $h_3 = (h_3) - \Pi$ $(H) = (h_3) + t_{\text{СВП}} + t_3$ $(P) = 0,01745r\alpha_0 + 0,0349R\alpha_0 + B_1 + 2(h_c - h_6)$ <p>или $(P) = 1,57(R + r) + 2(h_c - h_6) + B_1$</p> $(S_{\text{СВ}}) = 0,785(R^2 + r^2) + B_1(h_c - h_6) - d^2$ $S_{\text{СВ}} = (0,94 - 0,96)(S_{\text{СВ}})$ $S = (S_{\text{СВ}}) + ((P) - B_1) (t_{\text{СВП}} + t_3 + (\Pi + \Delta)/2)$

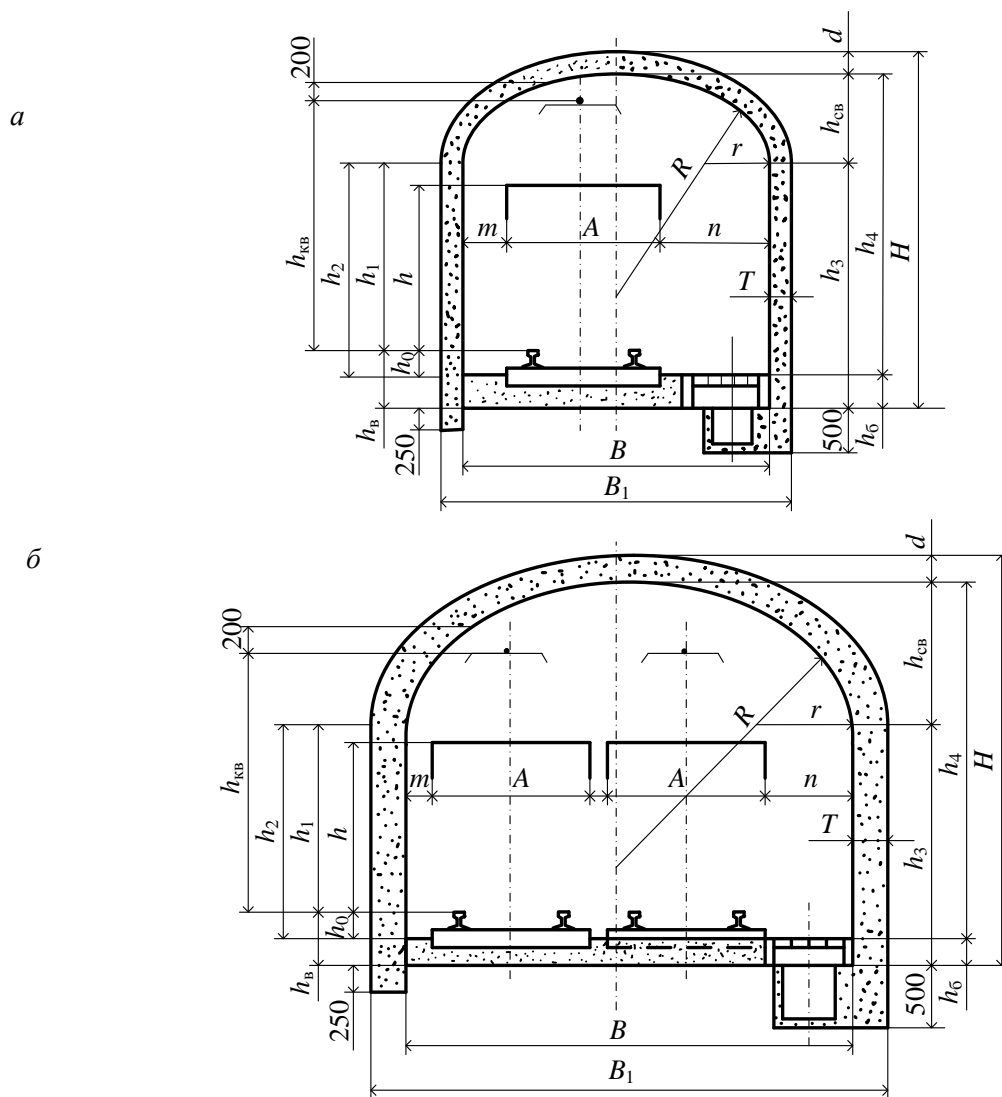


Рис. 7. Поперечные сечения выработок прямоугольно-сводчатой формы с монолитной бетонной крепью:

Таблица 4

**Формулы для определения размеров сечения выработок
прямоугольно-сводчатой формы**

Наименование показателей	Обозначения и расчётные формулы
Высота электровоза (вагонетки) от головки рельса	h
Высота стенки выработки от головки рельса	h_1
Толщина балластного слоя	h_6
Расстояние от балластного слоя до головки рельса	h_0
Расстояние от почвы выработки до головки рельса	$h_b = h_0 + h_6$
Высота стенки выработки от уровня балласта	$h_2 = h_1 + h_0 = 1800 \text{ мм}$
Высота стенки от почвы выработки	$h_3 = h_2 + h_6 = h_1 + h_b$
Высота подвески контактного провода от уровня головки рельса	$h_{кп} =$ 1800мм; 2000мм; 2200мм
Высота коробового свода при $f \leq 12$	$h_{св} = B/3$
$f > 12$	$h_{св} = B/4$

Высота выработки в свету от почвы		$h_4 = h_3 + h_{CB}$
Толщина бетонной крепи в вершине свода		d
Толщина стенки бетонной крепи (толщина набрызгбетонной, анкерной, комбинированной крепи)		T
Высота выработки вчерне (в проходке): с бетонной крепью		$H = h_3 + h_{CB} + d$
с набрызгбетонной, анкерной, комбинированной крепью		$H = h_3 + h_{CB} + T$
Максимальная ширина электровоза (вагонетки)		A
Минимальный проход на высоте 1,8 м от уровня балласта		$n = 700 \text{ мм}$
Минимальный зазор «стенка - габарит подвижного состава»		$m = 200 \text{ мм}$
Минимальный зазор между подвижными составами		$c = 200 \text{ мм}$
Ширина выработки в свету на уровне подвижного состава:	однопутевой	$B = m + A + n$
	двухпутевой	$B = m + 2 \cdot A + c + n$
Ширина выработки вчерне (в проходке)		$B_1 = B + 2 \cdot T$
Радиус осевой дуги коробового свода при		
	$f \leq 12$	$h_{CB} = B/3$
	$f > 12$	$h_{CB} = B/4$
		$R = 0,692 \cdot B$
		$R = 0,905 \cdot B$
Радиус боковой дуги коробового свода при		
	$f \leq 12$	$h_{CB} = B/3$
	$f > 12$	$h_{CB} = B/4$
		$r = 0,262 \cdot B$
		$r = 0,173 \cdot B$
Площадь поперечного сечения в свету при		
	$f \leq 12$	$h_{CB} = B/3$
	$f > 12$	$h_{CB} = B/4$
циркульном своде $h_{CB} = B/2$		$S_{CB} = B \cdot (h_2 + 0,26 \cdot B)$
		$S_{CB} = B \cdot (h_2 + 0,175 \cdot B)$
		$S_{CB} = B \cdot (h_2 + 0,39 \cdot B)$
Площадь поперечного сечения выработки вчерне (в проходке) без крепи		$S = S_{CB} + B \cdot h_B$
Периметр выработки в свету при		
	$f \leq 12$	$P_{CB} = 2 \cdot h_2 + 2,33 \cdot B$
	$f > 12$	$P_{CB} = 2 \cdot h_2 + 2,219 \cdot B$
Периметр выработки вчерне (в проходке)	$f \leq 12$	$P = 2 \cdot h_3 + 2,33 \cdot B$
	$f > 12$	$P = 2 \cdot h_3 + 2,219 \cdot B$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА И ПАРАМЕТРОВ КРЕПИ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ - приобретение практических навыков в выборе видов и определению параметров крепей по результатам расчётов и на основе альбомов «Типовые сечения горных выработок».

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Тип крепи выбирают в зависимости от размеров сечения выработки, состояния пород ее кровли, расчётной нагрузки и ожидаемых смещений пород. Параметры некоторых типов податливых крепей приведены в таблицах 5-8. При выборе типа крепи необходимо изначально знать ее назначение и возможную область применения.

Крепление горных выработок производится деревянной, бетонной, каменной и металлической крепью.

При проходке горно-разведочных выработок предпочтение всегда отдавали деревянной крепи, но в последнее время при проходке горно-разведочных выработок довольно часто начинают использовать металлическую крепь.

Применяют ее преимущественно лишь тогда, когда на месте производства разведочных работ нет крепёжного леса, а его доставка будет экономически нецелесообразной. Кроме того, металлическая крепь (бетонная, каменная и т. д.) может применяться при специальных методах проходки в сложных горно-геологических или гидрогеологических условиях. [7]

Для изготовления деревянной крепи применяются различные технические сорта леса: бревна, подтоварники, жерди, пластины, брусья, доски и обаполы.

Специально рудничными сортами леса являются рудничные стойки, которые готовятся из хвойных пород и имеют длину 0,5–2,0 м (с интервалами в 0,1 м), а затем 2,1–5,0 м (с интервалами через 0,2 м). Их диаметр в верхнем отрезе равен 7,0–25,0 см (с интервалом в 2 см).

При устойчивых породах кровли предпочтительнее крепь с прямолинейными верхняками, при неустойчивых – арочная крепь.

КМП-А3 - крепь металлическая податливая арочная трезвенная предназначена для крепления горизонтальных и наклонных выработок, проводимых и поддерживаемых как вне, так и в зоне влияния очистных работ при прочности пород кровли менее 80 МПа, суммарном смещении пород кровли до 600 мм и боков - до 400 мм и при отсутствии значительного пучения почвы.

Желательный срок службы выработок более двух лет, угол падения пластов - до 35°.

В качестве замковых узлов на шахтах РФ в настоящее время используют в редких случаях замки, состоящие из прямых планок и скоб с резьбой (тип ЗПП) и типа ЗСД конструкции, а в основном - замки типа ЗПК.

Параметры некоторых типов податливых металлических крепей

Сечение выработки в свету до осадки, м ²	Ширина выработки в свету до осадки, м	Тип спец-профиля	Сопротивление крепи в податливом режиме N_s , с		Конструктивная вертикальная податливость крепи, мм
			прямые планки и скобы	ЗПК, ОЗШ, АП-ЗУм	
Арочная КМП-А3					
до 10.0	3.2-3.4	СВП-17	150	200	300-360
10.0	3.5-3.8	СВП-19	160	230	300-360
10.0-	4.0-4.8	СВП-22	190	260	300-400
Арочная КМП-А4					
10.0-	4.0-4.8	СВП-22	–	260	400
14.0-	5.2-5.5	СВП-27	–	290	400
Арочная КМП-А5					
до 10.0	3.2-3.4	СВП-17	150	200	600-1000
10.0-	3.5-3.8	СВП-19	160	230	600-1000
11.6-	4.0-4.8	СВП-22	190	260	600-1000
Кольцевая КМП-К4					
до 8.0	До 3.0	СВП-17	–	200	300
8.0-10.0	3.0-3.8	СВП-22	–	260	300
10.0-	3.8-4.8	СВП-27	–	290	300
Трапецевидная (прямоугольная) КМП-Т(П)					
8.0-13.1	3.8-5.0	СВП-22	–	260	700-1300
8.0-13.1	3.8-5.0	СВП-27	–	290	700-1300
Трапецевидная (прямоугольная) КМП-Т(П) со средней стойкой усиления					
8.0-13.1	3.8-5.0	СВП-22	–	500	700-1300
8.0-13.1	3.8-5.0	СВП-27	–	570	700-1300

КМП-А4 - крепь металлическая податливая арочная четырёхзвенная предназначена для крепления горизонтальных и наклонных выработок преимущественно двухпутного сечения с продолжительным сроком службы (более двух лет), поддерживаемых вне и в зоне влияния очистных работ при ожидаемом опускании кровли до 700 мм и сближении боков до 550 мм при небольшом пучении почвы.

Применяют КМП-А4 на пластах с углом падения до 35° при мощности до 3,5 м и преимущественно на больших глубинах. При наличии сильного пучения пород почвы применяют замкнутую конструкцию КМП-А4. Для этой крепи используют только надёжные замки типов ЗПК, ОЗШ, АП-ЗУм.

КМП-А5 - крепь металлическая податливая арочная пятизвенная, предназначена для выработок, претерпевающих большие смещения пород кровли (до 1000 мм, учитывая зазоры в закрепном пространстве).

КМП-А5 применяется с дополнительными стойками длиной 700, 900, 1200 мм, что позволяет достичь конструктивную податливость крепи соответственно 600, 800, 1000 мм без учёта зазоров в закрепном пространстве.

КМП-К4 – крепь металлическая податливая кольцевая четырёхзвенная предназначена для крепления горизонтальных и наклонных од- но- и двухпутных

выработок, проводимых в слабых горных породах вне зоны и в зоне влияния очистных работ, при значительном всестороннем горном давлении или пучащих породах в почве при сроке службы выработки более двух лет.

КМП-Т (П) – крепь металлическая податливая трапециевидная (прямоугольная) предназначена для крепления горизонтальных и наклонных выработок, в основном примыкающих к выемочному участку и подверженных активному влиянию очистных работ, при ожидаемом смещении пород кровли до 600 мм, боков – до 400 мм.

Рациональная область применения: при породах нижнего слоя кровли более 60 МПа в выработках шириной до 5400 мм, при породах кровли (R_c - 50-60 МПа) - в выработках шириной до 4200 мм, в других условиях не рекомендуется.

При этом двухстоечную крепь КМП-Т (П) следует применять только в магистральных выработках вне влияния очистных работ и в выемочных выработках, погашаемых после первой лавы, при мощности пласта более 1,2 м. В выработках, эксплуатируемых на границе с выработанным пространством, применяют трехстоечную крепь. [9]

Железобетонные податливые крепи применяют в настоящее время в основном на неглубоких шахтах. Трапециевидная крепь КЖТ предназначена для крепления горизонтальных и наклонных (до 15^0) выработок с площадью сечения в свету до 8 м^2 , проводимых в устойчивых и средней устойчивости породах при отсутствии значительного пучения пород почвы, со сроком службы более двух лет. При больших сечениях выработок железобетонный верхняк заменяется металлическим из спецпрофилей СВП-22 или СВП-27.

Таблица 6

Параметры податливых сборных железобетонных крепей

Сечение выработки в свету до осадки, м^2	Ширина выработки в свету до осадки, м	Сопротивление крепи в податливом режиме N_s , кН	Конструктивная вертикальная податливость крепи, мм	Тип крепи
6 - 8	2,4 - 2,8	144	250	Трапециевидная (типа КЖТ)
11 - 13	3,8 - 4,8	192	60	Арочная
10,5 - 12,8	5,0	240	150	Кольцевая (типа ЖК)

Смешанная крепь из металлических верхняков и деревянных стоек предназначена для крепления горизонтальных и наклонных выработок, проводимых по пологим и наклонным пластам, как вне зон, так и в зонах влияния очистных работ при расчётном смещении пород кровли до 200 мм, при отсутствии пучения пород почвы, со сроком службы до трёх лет.

Площадь поперечного сечения выработок в свету – до $10,5 \text{ м}^2$, длина верхняка в свету - от 2 до 3,4 м. В качестве верхняка используют спецпрофиль СВП-17 (22, 27) или двутавровые балки из профиля № 18 и 20.

Деревянные рамные крепи предназначены для крепления подготовительных выработок, поддерживаемых вне и в зоне влияния очистных работ, с небольшим сроком службы (до трёх лет) при смещениях пород до 150-200 мм (без учёта зазоров в закрепном пространстве).

Деревянная крепь имеет трапециевидную или прямоугольную форму, может быть неполной (без лежня), полной (с лежнем) или усиленной (со средней стойкой или с подкосами). Усиленная конструкция крепи применяется в условиях повышенного горного давления и при большой ширине выработки.

Таблица 7

Параметры смешанной крепи

Сечение выработки в свету, м ²	Длина верхняка в свету, м	Сопrotивление рамы смешанной крепи N_s , кН, при профиле проката верхняка				
		СВП-17	СВП-22	СВП-27	I № 18	I № 20
3,7-5,6	2,0	176	-	-	220	-
3,7-5,6	2,2	160	-	-	181	227
5,9-6,5	2,4	147	224	-	167	208
7,0	2,6	136	207	-	155	193
7,5-8,2	2,8	126	192	261	143	179
9,4	2,9	122	185	252	138	173
8,7	3,0	118	179	243	133	167
10,0	3,2	110	168	228	125	156
8,7-9,5	3,3	106	1644	220	122	151
10,5	3,4	102	160	214	120	146

Таблица 8

Параметры деревянной крепи

Сечение выработки в свету, м ²	Длина верхняка, м ²	Сопrotивление рамы смешанной крепи N_s , кН, при диаметре верхняка, см				
		16	18	20	22	24
3,7-5,6	2,0	64	91	125	-	-
3,7-5,5	2,2	58	83	114	-	-
4,2-6,5	2,4	54	76	105	-	-
4,8-6,5	2,6	-	70	97	-	-
5,2-7,2	2,8	-	65	90	119	-
5,2-7,2	3,0	-	61	84	111	-
6,4-7,4	3,2	-	57	78	104	-
6,4-8,0	3,4	-	54	74	98	-
6,4-9,4	3,6	-	-	70	93	-
7,4-9,8	3,9	-	-	64	86	-
7,6-10,3	4,1	-	-	61	81	106
7,9-11,1	4,5	-	-	56	74	97
9,5-12,0	4,8	-	-	-	70	90
10,4-12,5	4,9	-	-	-	-	89
10,4-12,5	5,0	-	-	-	-	87

Наклонные выработки крепят прямоугольными рамами и лишь при углах наклона до 25° – трапециевидными. Чтобы повысить устойчивость крепи и предохранить рамы от смещения по падению, вдоль выработки устанавливают распорки между рамами. В выработках с углом наклона до 20° распорки между соседними рамами ставят у кровли, при 20° – 30° – у кровли и почвы.

В наклонных выработках крепёжные рамы устанавливают перпендикулярно почве выработки. Если породы кровли или почвы склонны к смещению (вниз по падению), то рамы устанавливают с наклоном 5 – 10° вверх по восстанию, т.е. в сторону, противоположную направлению сдвижения пород.

Порядок проведения работы

Выбор типа и расчет параметров крепи горизонтальной и наклонной выработок следует производить в зависимости от категории устойчивости пород с учетом степени воздействия очистных работ и других выработок. В качестве критерия определения категорий устойчивости пород следует принимать величину их смещений U на контуре поперечного сечения выработки за весь срок ее службы без крепи в соответствии с таблицей 9. [2]

Таблица 9

Категория устойчивости пород	Оценка состояния устойчивости пород	Смещения U , мм		
		осадочные породы (песчаники, алевролиты, аргиллиты, известняки, уголь и др.)	изверженные породы (граниты, диориты, порфириды и др.)	соляные породы (каменная соль, сильвинит, карналит и др.)
I	Устойчивое	До 50	До 20	До 200
II	Среднеустойчивое	Свыше 50 до 200	Свыше 20 до 100	Свыше 200 до 300
III	Неустойчивое	Свыше 200 до 500	Свыше 100 до 200	Свыше 300 до 500
IV	Очень неустойчивое	Свыше 500	Свыше 200	Свыше 500

Отнесение выработки к той или иной категории устойчивости необходимо производить по абсолютной величине максимальных смещений пород на контуре поперечного сечения, которые определяются дифференцированно в кровле, почве и боках выработки.

При соответствующем обосновании в утверждаемых ведомственных нормативных документах, учитывающих специфические условия месторождений, многолетний успешный опыт подземного строительства в бассейнах и др., допускается оценку устойчивости пород в горизонтальных и наклонных выработках и выбор крепи производить по величине безразмерного показателя k_k , определяемого по формуле:

$$k_k = \frac{\gamma H_p}{R_c} \quad (2)$$

где H_p - расчетная глубина размещения выработки, м;
 R_c - расчетное сопротивление пород сжатию, кПа;
 γ - удельный вес породы, кН/м³.

Таблица 10

Направление проходки выработки	Коэффициенты k_α и k_θ при углах залегания пород α или основных плоскостей трещиноватости, град											
	до 20		30		40		50		60		св. 70	
	k_α	k_θ	k_α	k_θ	k_α	k_θ	k_α	k_θ	k_α	k_θ	k_α	k_θ
По простиранию	1,00	0,35	0,95	0,55	0,80	0,80	0,65	1,20	0,60	1,70	0,60	2,25
Вкрест простирания	0,70	0,55	0,60	0,80	0,45	0,95	0,25	0,95	0,20	0,80	0,15	0,55
Под углом к простиранию	0,85	0,45	0,80	0,65	0,65	0,90	0,45	1,05	0,35	1,10	0,35	0,95

Величину смещения U для горизонтальных и наклонных выработок, расположенных в осадочных и изверженных породах и вне зоны влияния очистных работ, следует определять по формуле:

$$U = k_\alpha k_\theta k_s k_b k_t U_T, \quad (3)$$

где U_T - смещение пород, мм, принятое за типовое, определяемое по графикам рис. 8 в зависимости от расчетного сопротивления пород сжатию R_c и расчетной глубины расположения выработки H_p ;

k_α - коэффициент влияния угла залегания пород и направления проходки выработки относительно простирания пород или основных плоскостей трещиноватости, определяемый согласно табл. 10;

k_θ - коэффициент направления смещения пород: при определении смещений со стороны кровли или почвы (в вертикальном направлении) k_θ равен 1, при определении боковых смещений пород (в горизонтальном направлении) k_θ определяется по табл. 10;

k_s - коэффициент влияния размера выработки, определяемый по формуле

$$k_s = 0,2 (b - 1), \quad (4)$$

где b - ширина выработки в проходке (вчерне), м;

k_b - коэффициент воздействия других выработок, принимаемый: для одиночных выработок и камер равным 1,0; для сопряжений с односторонним примыканием выработки - 1,4; для сложных сопряжений с примыканием выработок в виде двустороннего заезда или пересекающихся выработок - 1,6; для параллельных выработок - по формуле:

$$k_b = \frac{b_1 + b_2}{L} k_L \quad (5)$$

где L - расстояние между выработками, м;

$b_1 + b_2$ - суммарная ширина взаимовлияющих выработок в проходке (вчерне), м;

k_L - коэффициент, определяемый согласно табл. 1;

k_t - коэффициент влияния времени возведения крепи. Для выработок, срок службы t которых более 15 лет, k_t равен 1, при t менее 15 лет k_t определяется по графикам рис. 9.

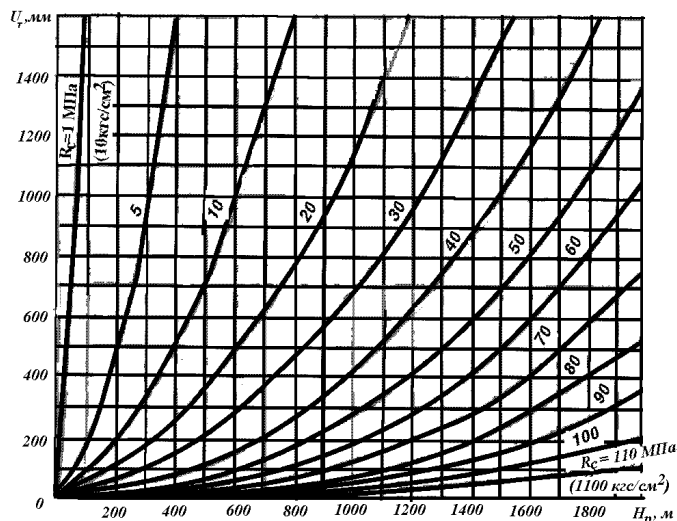


Рис. 8. Графики для определения типового смещения пород U_t

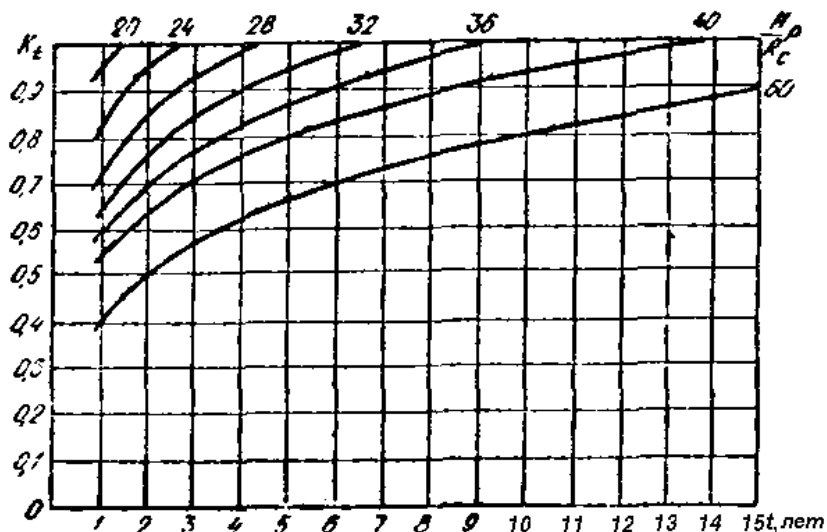


Рис. 9. Графики для определения коэффициента k_t при t от 1 года до 15 лет

В выработках, пройденных по простиранию и при углах падения пород α от 20 до 50° кроме смещений в вертикальном и горизонтальном направлениях необходимо определять смещения по нормали к напластованию по формуле:

$$U_H = \frac{U_K}{\cos \alpha}, \quad (6)$$

где U_K - смещения со стороны кровли выработки, мм.

Величину смещения U для соляных и подобных им пород следует определять по формуле:

$$U = 500\varepsilon_0 b (1 + 0,07t) k_B, \quad (7)$$

где ε_0 - относительные деформации пород за первый год службы выработки, определяемые по графику рис.10;

b - ширина выработки в проходке (вчерне), м;

t - срок службы выработки, лет;

k_B - обозначение то же, что в формуле 3.

В горизонтальных и наклонных выработках в осадочных (исключая соляные) и изверженных породах, расположенных вне зоны воздействия очистных работ и других выработок, следует применять:

- в породах I категории устойчивости - анкерную или набрызгбетонную крепь толщиной не менее 30 мм. В монолитных, малотрещиноватых породах допускается оставление выработок без крепи;

- в породах II категории устойчивости - монолитную бетонную крепь, комбинированную из набрызгбетона толщиной не менее 50 мм с анкерами и металлической сеткой или без нее, рамную крепь из железобетонных стоек с металлическими верхняками, сборную тубинговую, металлическую податливую крепь без обратного свода, анкер-металлическую, металлическую арочную крепь с набрызгбетонным покрытием и тампонажем закрепного пространства;

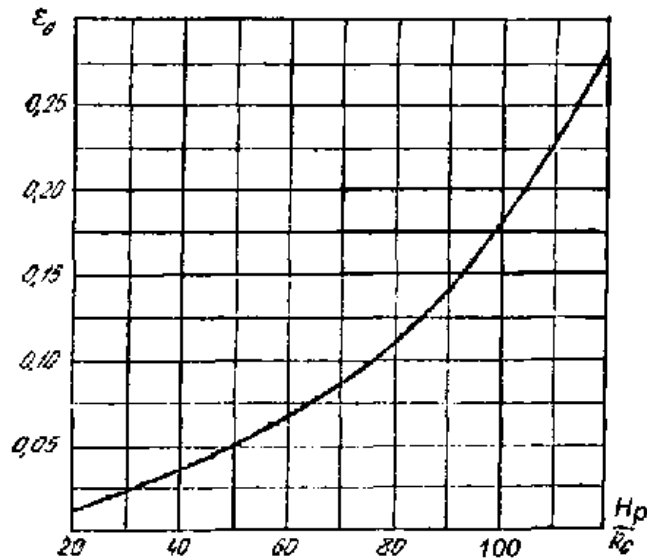


Рис. 10. График для определения ε_0

- в породах III и IV категорий устойчивости - сборную тубинговую и блочную, а при соответствующем обосновании металлобетонную, металлическую податливую и анкер-металлическую крепи; при этом в породах почвы I и II категории устойчивости в крепи указанных типов обратный свод не предусматривается.

В осадочных породах почвы III и IV категорий устойчивости и изверженных породах IV категории устойчивости - крепи, как правило, должны быть, с обратным сводом.

В породах III и IV категорий устойчивости допускаются крепи без обратного свода, но с обязательным осуществлением мероприятий по уменьшению смещений почвы путем упрочнения пород цементацией, анкерованием или разгрузкой массив.

Необходимость возведения обратного свода и его параметры определяются

на основе расчета смещения пород почвы, податливости забутовки и отпора крепи, а также с учетом времени установки крепи.

При выборе типа крепи выработок в соляных породах необходимо руководствоваться следующими требованиями:

а) в породах I категории устойчивости при смещении кровли и однородных породах до 200 мм и в слоистых до 150 мм допускается поддержание выработок без крепи. При смещении кровли более указанных пределов необходимо устанавливать анкерную крепь;

б) в однородных породах II категории устойчивости следует применять в кровле анкерную крепь, в слоистых породах необходимо устанавливать крепи поддерживающего типа (податливых, рамные и др.);

в) в породах III и IV категорий устойчивости следует применять податливые крепи или жесткие крепи с податливыми элементами (или слоем), способные компенсировать 70 % расчетных смещений.

В горизонтальных и наклонных выработках, располагаемых в породах IV категории устойчивости, а также в выработках, испытывающих воздействие очистных работ и других выработок, следует применять крепи, имеющие конструктивную податливость.

В рамных крепях должны применяться жесткие из сборного железобетона (плоские, кессонные, равного сопротивления) и гибкие (из металлической сетки, стеклотканевого рулонного материала и др.) межрамные ограждения.

В стальных арочных крепях при породах в почве с R_c менее 15 МПа под стойками арочной крепи следует предусматривать опоры или прогоны, исключающие вдавливание стоек крепи в почву.

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

В наклонных выработках, закрепленных рамной или сборной железобетонной крепью, при углах наклона более 30° следует предусматривать усиленную связь с массивом с помощью тампонажа закрепного пространства, прикрепления элементов крепи к массиву анкерами, опорными венцами и других мер усиления связи крепи с массивом горных пород.

На сопряжениях горизонтальных выработок следует предусматривать бетонные опоры с минимальными размерами: по длине - 2000 мм, а по ширине со стороны угла сопряжения - 500 мм.

При проектировании крепи для пород I категории устойчивости горизонтальных и наклонных выработок параметры крепи допускается принимать без расчета.

Выбор и расчет конструктивных параметров крепи выработок для пород II, III и IV категорий устойчивости должен производиться на основе расчета ожидаемых смещений пород и нагрузок на крепь с учетом технологии проведения выработки и возведения крепи.

Расчетная нагрузка на все виды крепи, за исключением рамных податливых, определяется дифференцировано в кровле и почве (в вертикальном направлении), в боках (в горизонтальном направлении), а при угле падения пород α от 20° до 50°

и по нормали к напластованию по формуле:

$$P = k_{\pi} k_{\text{н}} m_{\text{в}} P^{\text{н}}, \quad (8)$$

где $P^{\text{н}}$ - нормативная нагрузки на крепь, кПа;

k_{π} - коэффициент перегрузки, принимаемый по табл. 11;

$k_{\text{н}}$ - коэффициент, принимаемый для главных вскрывающих выработок равным - 1,1; для остальных - 1;

$m_{\text{в}}$ - коэффициент условий проведения выработок, принимаемый равным при буровзрывном способе, а при комбайновом способе проведения выработок принимаемый по табл. 12

Примечание. Расчетная нагрузка на рамные податливые крепи определяется по методикам специализированных организаций.

Таблица 11

Величина смещения U , мм	Коэффициент k_{π}	
	Главные вскрывающие выработки	Магистральные и другие выработки
По 50	1,25	1,10
Свыше 50 до 200	1,10	1,05
Свыше 200 до 500	1,05	1,00
Свыше 500	1,00	1,00

Таблица 12

Отношение H_p/R_c	До 1,6	Свыше 1,6 до 2,0	Свыше 2,0 до 2,5	Свыше 2,5
Коэффициент $m_{\text{в}}$	0,6	0,8	0,9	1,1

Нормативная нагрузка $P^{\text{н}}$ определяется по графику рис.11 в зависимости от смещений U с учетом смещений до установки крепи U_t , сжатия забутовочного материала U_3 , и конструктивной податливости крепи $U_{\text{кр}}$.

Смещения, происходящие до установки крепи U_t , определяются по формуле:

$$U_t = U k_t, \quad (9)$$

где k_t - коэффициент влияния времени на смещение пород, определяется по графику рис.12.

Смещения, компенсируемые за счет сжатия забутовочного материала U_3 , зависят от сжимаемости материала, толщины забутовочного слоя и расчетной нагрузки на крепь и определяются опытным путем. Для забутовочного материала из дробленых пород при отсутствии опытных данных U_3 допускается принимать равным 25 % толщины забутовочного слоя.

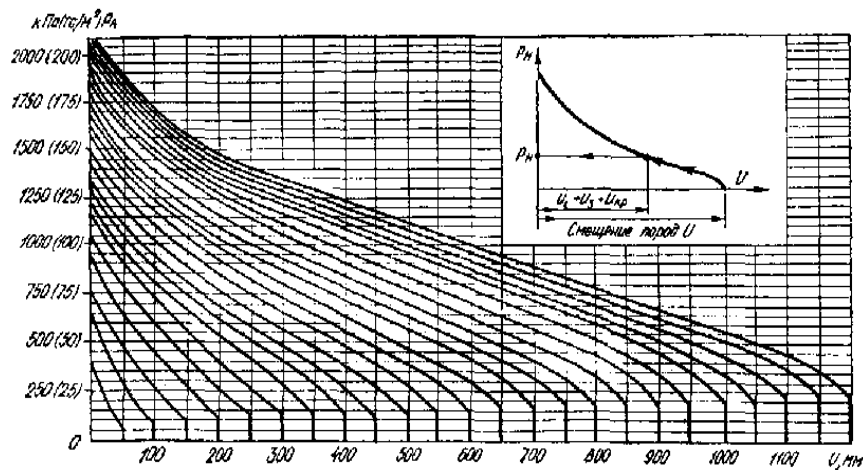


Рис. 11. Графики для определения нормативной нагрузки на крепь

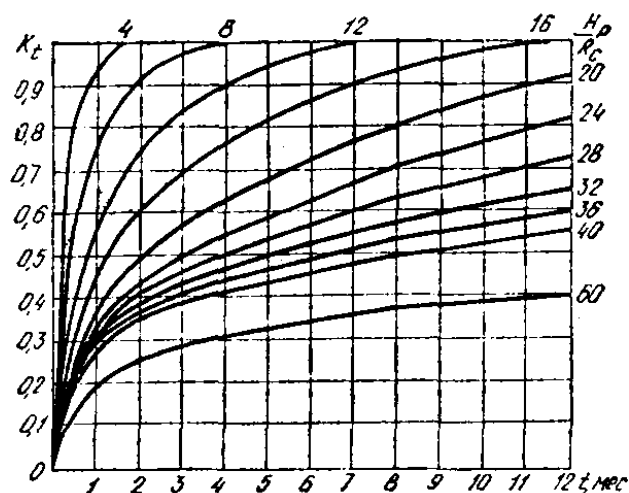


Рис. 12. Графики для определения коэффициента k_t при t менее 1 года

Конструктивная податливость крепи $U_{кр}$ принимается по ее технической характеристике. Для монолитных бетонных и железобетонных типов крепи при определении конструктивной податливости $U_{кр}$ следует учитывать величину усадки и ползучесть бетона при твердении, которую следует принимать: для однопутевых выработок равной 20 мм, для двухпутевых - 40 мм.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА КРЕПОСТИ ПО М.М. ПРОТОДЬЯКОНОВУ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – приобретение студентами навыков по определению коэффициента крепости пород по М.М. Протодьяконову.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Крепость горных пород – это совокупность механических свойств горных пород, которые проявляются при проведении разнообразных процессов добычи и переработки полезных ископаемых. Понятие крепость – условное и увеличивается с возрастанием сил связей частиц между собой, отдельностями пород, а так же содержания прочных минералов в породе. При этом она уменьшается обычно при увлажнении.

М.М. Протодряконов разработал шкалу коэффициента крепости породы. Одним из методов определения этого коэффициента было предложено испытание образца породы на его прочность на сжатие в кг/см², а значение коэффициента определялось как одна сотая временного сопротивления на сжатие.

При разработке подобной шкалы М.М. Протодряконов ввел понятие крепость горной породы. В отличие от принятого понятия прочность материала, оцениваемой по одному из видов напряженного её состояния, например, временном сопротивлении на сжатие, на растяжение, на кручение и т. д., параметр крепость позволяет сравнивать горные породы по трудоемкости разрушения.

Согласно классификации М.М. Протодряконова, горные породы делятся на 10 категорий от $f=0,3$ для слабых плавучих пород, таких как болотистый грунт, разжиженный лёсс и до $f=20$ для трудноразрушаемых пород, таких как сливные андезиты, джеспиллиты и другие.

Определение крепости пород производят согласно ГОСТ 21153.1-75 «Породы горные. Метод определения коэффициента крепости по Протодряконову».[4]

Настоящий стандарт распространяется на твердые горные породы и устанавливает метод определения коэффициента их крепости по М.М. Протодряконову для классификации пород по этому показателю и использования его в технической документации при расчетах и проектировании горных работ, горного оборудования, а также при проведении научно-исследовательских работ.

Сущность метода заключается в определении коэффициента крепости, который пропорционален отношению работы, затраченной на дробление горной породы, к вновь образованной при дроблении поверхности, оцениваемой суммарным объемом частиц размером менее 0,5 мм. Отбор проб для испытаний производят согласно ГОСТ 21153.0-75 «Породы горные. Отбор проб и общие требования к методам физических испытаний».[3]

Порядок проведения работы

Для определения крепости горных пород применяют: прибор определения крепости ПОК (рис. 13), состоящий из стакана 1, вставленного в него трубчатого копра 2, внутри которого свободно помещается гиря 3 массой $2,4 \pm 0,01$ кг с ручкой 4, привязанной к гире шнуром. Трубчатый копер имеет в верхней части отверстия, в которые вставляются штифты 5, ограничивающие подъем гири. В комплект прибора входит объемомер, состоящий из стакана 6 и плунжера 7 со шкалой измерений с диапазоном показаний от 0 до 150 мм вдоль его продольной оси; сито с сеткой N 05 по ГОСТ 6613-73 для просеивания породы после дробления.

Проведение испытаний.

Отобранную пробу горной породы раскалывают молотком на твердом основании до получения кусков размером 20-40 мм. Из измельченного материала пробы отбирают двадцать навесок массой 40-60 г каждая.

Число сбрасывания гири на каждую навеску устанавливают при дроблении первых пяти навесок.

Каждую навеску отдельно дробят в стакане гирей, падающей с высоты 60 см. Число сбрасываний гири принимают в зависимости от ожидаемой крепости породы, обычно от 5 до 15 сбрасываний на каждую навеску.

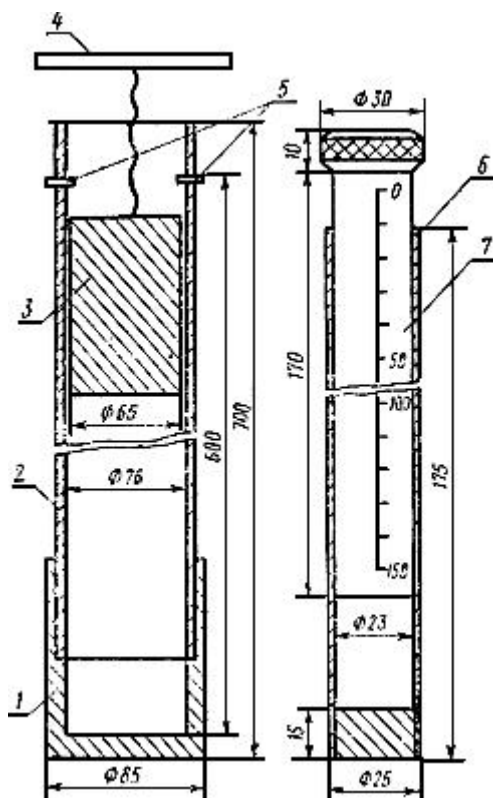


Рис.13. Прибор определения крепости ПОК

Примечания:

1. При очень мягких породах число сбрасываний может быть сокращено до 1, а при очень крепких - увеличено до 30.

2. При дроблении стакан с вставленным в него трубчатым копром обязательно устанавливают на жесткое массивное основание: железобетонный или асфальтированный пол, стальную плиту (массой не менее 20 кг, толщиной около 10 см).

Правильность выбранного режима испытания контролируют после просеивания первых пяти раздробленных навесок на сите до прекращения выделения подрешетного продукта и замера его объема в объемомере. При получении столбика мелочи высотой 20-100 мм по шкале плунжера число сбрасываний на каждую навеску сохраняют для оставшихся пятнадцати навесок. При меньшей или большей высоте столбика мелочи в объемомере число сбрасываний корректируют соответственно в большую или меньшую сторону.

Оставшиеся пятнадцать навесок дробят в приборе последовательно в установленном режиме испытания: при постоянном числе сбрасываний гири n и высоте подъема гири 60 см. После дробления каждых пяти навесок их просеивают на сите, подрешетный продукт сита ссыпают в объемомер, измеряют плунжером высоту столбика мелочи и записывают ее.

Обработка результатов.

Коэффициент крепости горной породы (f) вычисляют по формуле:

$$f = \frac{20 \cdot n}{h}, \quad (10)$$

где 20 - эмпирический числовой коэффициент, обеспечивающий получение общепринятых значений коэффициента крепости и учитывающий затраченную на дробление работу;

n - число сбрасываний гири при испытании одной навески;

h - высота столбика мелкой фракции в объемомере после испытания пяти навесок, мм.

За окончательный результат испытания принимают среднее арифметическое результатов четырех определений.

Таблица 13

Шкала М.М. Протодяконова

Категория породы	Степень крепости	Породы	Коэффициент крепости, f
I	в высшей степени крепкие породы	Наиболее крепкие, плотные и вязкие кварциты и базальты. Исключительные по крепости другие породы	20
II	очень крепкие породы	Очень крепкие гранитные породы. Кварцевый порфир, очень крепкий гранит, кремнистый сланец. Менее крепкие, нежели указанные выше кварциты. Самые крепкие песчаники и известняки	15
III	крепкие породы	Гранит (плотный) и гранитные породы. Очень крепкие песчаники и известняки. Кварцевые рудные жилы. Крепкий конгломерат. Очень крепкие железные руды	10
IIIa	крепкие породы	Известняки (крепкие). Некрепкий гранит. Крепкие песчаники. Крепкий мрамор. Доломит. Колчеданы	8
IV	довольно крепкие породы	Обыкновенный песчаник. Железные руды	6
IVa	довольно крепкие породы	Песчанистые сланцы. Сланцеватые песчаники	5
V	довольно крепкие породы	Крепкий глинистый сланец. Некрепкий песчаник и известняк, мягкий конгломерат	4
Va	средние породы	Разнообразные сланцы (некрепкие). Плотный мергель	3

VI	довольно мягкие породы	Мягкий сланец, очень мягкий известняк, мел, каменная соль, гипс. Мерзлый грунт, антрацит. Обыкновенный мергель. Разрушенный песчаник, цементированная галька, каменистый грунт	2
----	------------------------	--	---

Продолжение табл. 13

Категория породы	Степень крепости	Породы	Коэффициент крепости, f
VIa	довольно мягкие породы	Щебенистый грунт. Разрушенный сланец, слежавшаяся галька и щебень. Крепкий каменный уголь. Отвердевшая глина	1,5
VII	мягкие породы	Глина (плотная). Мягкий каменный уголь. Крепкий нанос, глинистый грунт	1
VIIa	мягкие породы	Легкая песчанистая глина, лесс, гравий	0,8
VIII	землистые породы	Растительная земля. Торф. Легкий суглинок, сырой песок	0,6
IX	сыпучие породы	Песок, осыпи, мелкий гравий, насыпная земля, добытый уголь	0,5
X	пывучие породы	Плывуны, болотистый грунт, разжиженный лесс и другие разжиженные грунты	0,3

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основной:

1. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П. Основы горного дела. Изд-во: Академический проект, 2010. – 264 с.
2. Городниченко В.И., Дмитриев А.П. Основы горного дела, 2008. - 510 с.
3. Ткачев В.А., Кочетов Е.В. Проведение и крепление горных выработок. Изд-во: Ин-Фолио, 2009. – 304 с.
4. Каспарьян Э.В., Козырев А.А., Иофис М.А., Макаров А.Б. Геомеханика. М.: «Высшая школа», 2006. – 503 с.
5. Исмаилов Т.Т., Голик В.И., Дольников Е.Б. Специальные способы разработки месторождений полезных ископаемых, 2008. – 334 с.
6. Картозия Б.А., Малышев Ю.Н., Федунец Б.И. и др. Шахтное и подземное строительство. М.: Издательство академии горных наук, 2001. – 607 с.
7. Ткачёв В.А., Прокопов А.Ю., Кочетов Е.В. Шахтное и подземное строительство. Технология строительства горных выработок: учебное пособие//Шахтинский институт (филиал) ЮРГТУ (НПИ). – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2008. – 244 с.
8. Егоров П.В., Бобер Е.А., Кузнецов Ю.Н., Косьминов Е.А., Решетов С.Е., Красюк Н.Н. Основы горного дела, 2006. – 398 с.
9. Пучков Л.А., Шаровар И.И., Виткалов В.Г. Геотехнологические способы разработки месторождений, 2006. – 320 с.
10. "Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых" (Зарегистрировано в Минюсте России 02.07.2014 N 32935). Нормативные документы в сфере деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. Серия 03. Документы межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр. Выпуск 78.

Дополнительный:

1. Егоров П.В., Бобер Е.А., Кузнецов Ю.Н., Михеев О.В., Красильников Б.В. Подземная разработка пластовых месторождений. 2007.-219 с.
2. Оксененко В.П. Проходка горно-разведочных выработок. Ч. I. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1974. – 200 с.
3. Оксененко В.П. Проходка горно-разведочных выработок. Ч. II. – Воронеж, 1974. – 146 с.
4. Прокофьев А.П. Технические средства разведки месторождений твёрдых полезных ископаемых. М.: Изд-во Московского ун-та, 1975. – 232 с.
5. Советов Г.А., Жабин Н.И. Основы бурения и горного дела. М.: Недра, 1991. – 368 с.
6. Шехурдин В.К., Несмотряев В.И., Федоренко П.И. Горное дело: учебник для техникумов. М.: Недра, 1987. – 440 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	2
Лабораторная работа 1. Выбор типа горной выработки в зависимости от заданных условий.....	3
Лабораторная работа 2. Изучение типовых паспортов крепления горизонтальных горных выработок.....	9
Лабораторная работа 3. Определение типа и параметров крепи...	20
Лабораторная работа 4. Определение коэффициента крепости по М.М. Протодьяконову.....	30
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	35

Доцент _____ Трушко О.В.