



ББК 33.141

А 64

УДК 622.28(035):622.28.044

Авторы: А. П. Широков, В. А. Лидер, М. А. Дзауров, М. Е. Рыжевский,  
А. И. Петров

**Анкерная крепь: Справочник/А. П. Широков, В. А. Лидер, М. А. Дзауров и др. — М.: Недра, 1990. — 205 с.: ил.**  
ISBN 5-247-00543-0

Описаны области и особенности применения анкерной крепи в различных горно-геологических и горнотехнических условиях. Рассмотрены технические характеристики и классификация анкеров, оборудования, измерительная аппаратура и механизмы для их возведения. Приведены типовые сечения горных выработок с анкерной и комбинированной крепями, даны рекомендации по выбору рациональной схемы их использования, а также методы расчета параметров крепи.

Для инженерно-технических работников горнодобывающих предприятий, проектных и строительных организаций.

А  $\frac{2502010400-096}{043(01)-90}$  247—90

ББК 33.141

ISBN 5-247-00543-0

© Коллектив авторов, 1990

---

## ПРЕДИСЛОВИЕ

---

На новые рубежи экономического и социального развития страны возможно выйти на основе всесторонней и последовательной интенсификации, главным средством достижения которой является кардинальное ускорение научно-технического прогресса. Основной путь решения этой проблемы лежит в создании и освоении принципиально новых техники и технологии, многократно повышающих производительность труда, широком освоении передовых технологий, автоматизации и механизации производственных процессов, снижении материалоемкости и энергоемкости строительства за счет массового применения новых эффективных видов материалов на основе пластических масс и прогрессивных облегченных конструкций.

Решающим фактором реализации задач, поставленных перед угольной промышленностью, является ускорение научно-технического прогресса во всех элементах горнодобывающего производства, что связано со значительным объемом горнопроходческих работ.

Наряду с опережающим развитием открытого способа добычи угля дальнейшее совершенствование получит подземный способ.

В этих условиях вопросы разработки и, главное, внедрения прогрессивных технологий проведения и крепления, а также охраны горных выработок приобретают большое народнохозяйственное значение.

Одним из путей решения важной народнохозяйственной задачи в горнодобывающей промышленности и в подземном строительстве является более широкое внедрение экономичной анкерной крепи, позволяющей по сравнению с массивной рамной в несколько раз снизить материалоемкость и повысить устойчивость выработок. Однако надежность и эффективность анкерной крепи, объемы применения которой составляют по стране около 10 % от общей протяженности проводимых выработок в год, в значительной мере зависят от знаний инженерно-технических работников предприятий и умения приспособить ее к разнообразным и сложным горно-геологическим условиям проведения и поддержания выработок.

При написании справочника учтены новые направления и тенденции развития анкерной крепи.

Справочник написан А. П. Широковым и В. А. Лидером, разделы 2,1; 2,2; 3,5; 6,3; 6,4 и 13,1 — М. Е. Рыжевским, разделы 3,5; 5,4; 6,3; 6,5; 10,2; 13,4 — М. А. Дзауровым, 3,5; 4,1; 4,3 — А. И. Петровым.

---

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

---

*Анкерная крепь* состоит из системы армирующих элементов (деревянных, металлических, железобетонных, полимерных и др.), закрепляемых в скважинах, пробуренных по контуру выработки, которые в сочетании с поддерживающими и ограждающими элементами (или без них) предназначены для предотвращения обрушения ослабляемых пород за счет их скрепления и подвески к устойчивой части породного массива.

Анкерная крепь, установленная с предварительным натяжением, повышает сопротивление сдвигу слоев пород относительно друг друга и создает грузонесущую конструкцию в виде породной армированной балки или арки, заземленной между двумя опорами. Несмотря на очевидное преимущество скрепленной балки по сравнению с нескрепленной, еще не удалось выявить количественное влияние эффекта сшивки отдельных слоев на устойчивость закрепленных пород. Тем не менее современная теория анкерной крепи придает важное значение эффекту трения между слоями пород и базируется на следующих положениях:

слабые породы, залегающие над выработкой, пришиваются анкерами к вышележащему слою прочных пород;

слабоустойчивые слоистые породы скрепляются между собой и пришиваются анкерами к вышележащим прочным породам;

несколько слоев слаботрещиноватых пород скрепляются между собой анкерами для образования грузонесущей конструкции в виде балки или арки;

трещиноватые слоистые породы, разрушающиеся при проведении выработки, скрепляются и подвешиваются анкерами к своду естественного равновесия;

неустойчивые трещиноватые породы поддерживаются соединительными элементами анкерной крепи и подвешиваются анкерами к пятам свода естественного равновесия;

неустойчивые слоистые породы скрепляются и подвешиваются анкерами к пятам свода естественного равновесия.

Основные принципы классификации анкерной крепи и условий ее применения достаточно подробно изложены в работе [30], поэтому рассмотрим только наиболее существенные классификационные признаки анкерной крепи, получившие всеобщее признание.

В мировой горной практике различают индивидуальные и комплектные анкерные крепи. Индивидуальная анкерная крепь включает установленные в выработке анкера, не имеющие друг с другом механических связей. Комплектная анкерная крепь содержит поддерживающий кровлю элемент в виде каната, полосы, уголка, швеллера и т. п., который связывает два или несколько анкеров в единое целое.



*По назначению* различают временную и постоянную анкерную крепи. Временная анкерная крепь, как правило, устанавливается в забое проводимой выработки, в дальнейшем не извлекается и зачастую служит не принимаемым в расчет составным грузонесущим элементом постоянной крепи, возводимой с отставанием от забоя. Постоянная анкерная крепь, возводимая в забое или с отставанием от него, применяется самостоятельно и в комбинации с набрызгбетонной или рамной крепями.

*По принципу действия* анкеры делят на активные и пассивные. Активные анкеры устанавливают в скважинах с предварительным натяжением стержня, что повышает сопротивляемость закрепленного массива прогибу и смещению отдельных слоев относительно друг друга. С повышением предварительного натяжения анкера возрастает устойчивость выработки за счет увеличения сил трения между плоскостями раздела горных пород. Возведение пассивных анкеров производится без предварительного натяжения стержня, в результате чего требуется их более плотная установка по сравнению с активными анкерами. Типичными представителями пассивных анкеров являются винтовые, железобетонные, взрывные, армополимерные и другие анкеры, закрепляемые по всей длине скважины.

*По характеру работы* различают жесткие, податливые и ограниченно-податливые анкеры. Податливые анкеры способны удлиняться на 500—700 мм за счет телескопического устройства или растяжения стержня, выполненного из аустенитовой стали. Ограниченно-податливые анкеры в отличие от податливых удлиняются только на 60—140 мм.

Особое место по характеру работы занимает так называемая складная крепь, состоящая из прутков, введенных в горизонтальные скважины, концы которых отогнуты под прямым углом и выполнены в виде колец, используемых в качестве опор для верхняков или венцов крепи.

*По материалу стержня* выделяют деревянные, бамбуковые, металлические, бетонные (железобетонные) и полимерные анкеры, а по конструктивному исполнению стержня — канатные, трубчатые, стержневые, комбинированные и стренговые (многопрутковые) анкеры.

## **2. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АНКЕРОВ, ОПОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ЗАТЯЖЕК**

### **2.1. Материалы для армирующих элементов анкеров**

Армирующие элементы металлических анкеров изготавливают, как правило, из круглой стали диаметром 16—24, реже 30—32 мм, марок Ст. 3 или Ст. 5 (табл. 2.1).

Для изготовления стержней железобетонной анкерной крепи, как правило, используется арматурная сталь диаметром 8—20 мм или стальной канат диаметром 6—16 мм.

**Таблица 2.1****Механические характеристики армирующих элементов из стали**

Вид нагрузки	Допускаемые напряжения, МПа		
	на разрыв	на кручение	на срез
Статическая	125/165*	95/125	190/100
Переменная	90/115	65/90	135/65
Знакопеременная	70/90	50/70	115/55

\* В числителе приведены данные для стали марки Ст 3, в знаменателе — для стали марки Ст 5.

Сталь представляет собой сплав железа с углеродом, в котором имеются незначительные примеси марганца, кремния, фосфора и серы. Сталь подразделяют в зависимости от содержания в ней углерода на три группы: низкоуглеродистую, среднеуглеродистую и высокоуглеродистую. Содержание углерода составляет соответственно по группам — менее 0,25; от 0,25 до 0,6 и от 0,6 до 2 %. С увеличением содержания углерода прочность и твердость стали увеличивается, но при этом сталь, как правило, становится более хрупкой. Это необходимо учитывать при выборе арматурной стали, используемой в качестве армирующих стержней адгезионных анкеров — чем более податливая крепь необходима, тем лучше применять менее углеродистые стали.

Для улучшения некоторых свойств стали в сплав дополнительно вводят легирующие добавки, например, хром, марганец, никель, вольфрам и т. д. Таким путем получают различные легированные стали, которые обладают в одних случаях повышенной устойчивостью, в других — повышенной твердостью, коррозионной стойкостью и т. п. Легирующие стали также широко используются в конструкциях анкерной крепи.

В зависимости от характеризующих механических свойств арматурную сталь делят на классы. Для горячекатаной арматуры установлено четыре класса со следующими условными обозначениями: А-I, А-II, А-III, А-VI. Гарантируемые механические характеристики, которым соответствуют указанные классы горячекатаной арматуры, а также сортамент стержней периодического профиля по классам приведены в табл. 2.2.

В качестве армирующих элементов для адгезионных анкеров, используемых при креплении выработок угольных шахт, рудников и горных тоннелей, применяют в основном сталь класса А-I и А-II. При строительстве метрополитенов открытым способом, для крепления откосов котлованов, используют высокопрочные анкерные конструкции, армирующий стержень которых выполняют из легированных сталей класса А-III, А-IV и упрочненных сталей класса А-IIв, А-IIIв, А-VII и т. д.

Преимущественное распространение в адгезионных анкерах получила сталь с периодическим профилем. Наличие на поверхности арматуры

Таблица 2.2.

## Основные физико-механические свойства арматурной стали

Класс арматурной стали	Диаметр стержня, мм	Предел текучести, МПа	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %	Модуль упругости, МПа · 10 <sup>6</sup>	Марка стали
<b>Горячекатаная</b>						
A-I	6—40*	240	380	25	2,1	Ст. 3
A-II	10—90	300	500	19	2,1	Ст. 5
A-III	6—40	400	600	14	2	18Г2С
A-IV	10—32	600	900	6	2	25Г2С и 35ГС 30ХГ2С
<b>Упрочненная вытяжкой</b>						
A-IIв	10—90	450	500	8	2,1	
A-III	6—40	550	600	6	2	
<b>Термически упрочненная</b>						
A-IV	10—32	600	900	8	2	
At-V	10—32	800	1050	7	2	
At-VI	10—40	1000	1200	6	2	
Aч-VII	10—40	1200	1400	5	2	
Атк	6—9	1300	1500	5	2	

\* Профиль стержня гладкий.

ребер значительно увеличивает ее сцепление со связующими композициями, что повышает в ряде случаев несущую способность анкеров. За рубежом, особенно в ФРГ, налажен выпуск арматуры, профиль которой имеет винтовую нарезку крупного шага. Такой профиль обеспечивает не только хорошее сцепление арматуры со связующим составом, но и позволяет при необходимости легко устанавливать опорные элементы на внешнем конце анкера. Западно-Сибирским металлургическим комбинатом выпускается арматурная сталь с винтовым профилем.

В последние годы в СССР и за рубежом начали разрабатываться конструкции адгезионных анкеров с армирующим элементом в виде плетеного металлического троса. Для устройства последнего применяют высокопрочную стальную проволоку класса В-II. Металлические тросы могут быть нескольких видов: трехпроволочные, семипроволочные, многопроволочные. Механические свойства семипроволочных тросов приведены в табл. 2.3. Относительное удлинение пряжи — 4 %.

Из табл. 2.3 видно, что семипроволочный трос диаметром 15 мм имеет временное сопротивление разрыву 1500 МПа. Анкеры с проволочными тросами при создании специальных средств механизации их установки будут весьма перспективным видом крепи подземных выработок.

Древесина также относится к наиболее распространенному конструкционному материалу, используемому для создания армирующих элементов анкерной крепи.

Таблица 2.3

## Механические свойства семипроволочных тросов

Диаметры, мм		Площадь поперечного сечения, мм <sup>2</sup>	Разрывное усилие, кН		Временное сопротивление разрыву, МПа	
пряди в целом	каждой проволоки		пряди в целом	суммарное всех проволок	пряди в целом	суммарное всех проволок
4,5	1,5	0,127	24,2	25,4	1900	2000
6,0	2,0	0,266	40,7	42,7	1800	1900
7,5	2,5	0,354	63,8	67,0	1800	1900
9,0	3,0	0,509	86,5	90,8	1700	1800
12,0	4,0	0,908	145,1	152,4	1600	1680
15,0	5,0	1,415	212,0	222,6	1500	1580

Из натуральной древесины изготавливают клинощелевые и армополимерные анкеры, предназначенные для крепления выработок с малым сроком службы. В Кузбассе для крепления ходовых печей, пройденных по мощным крутым пластам, ежегодно расходуется примерно 40 тыс. деревянных анкеров. Однако склонность древесины к загниванию и наличие в ней дефектов ограничивает возможность использования деревянных анкеров из натуральной древесины.

Предел прочности (МПа) разных видов древесины при растяжении (в скобках при срезе) приведен ниже.

Береза	72 (50)
Лиственница	65 (45)
Сосна	57 (40)
Пихта	35 (24)
Пластифицированная древесина из березы плотностью 1,3 т/м <sup>3</sup> , влажностью 5 %	340 (230)
Лиственница при степени прессования 50 %	215 (150)
Лиственница при степени прессования 75 %	322 (225)

Из приведенных данных следует, что предел прочности натуральной древесины при растяжении в несколько раз ниже, чем у стали. Для повышения прочности деревянных анкеров их диаметр увеличивают до 40 мм.

При использовании пластифицированной древесины из березы и прессованной лиственницы прочность древесины приближается к прочности стали марки Ст. 3, а при диаметре стержня деревянного анкера 40 мм по сравнению с металлическим стержнем диаметром 20 мм превосходит его в 1,8—3,7 раза. Приведенные данные свидетельствуют о целесообразности более широкого использования стержней анкеров из пластифицированной и прессованной древесины.

При любом способе прессования древесина подвергается распариванию, а после прессования — сушке. Распаривают древесину в парах кипящей воды при температуре 100—105°. Продолжительность распаривания зависит от размеров заготовок, оптимальная температура распариваемой древесины 80—90°. Мелкие заготовки распаривают в те-

чение 15—20 мин, крупные — 2—3 ч. Спрессованную заготовку вместе с пресс-формой высушивают до 8—10 % влажности при температуре не выше 120—130°. Для сушки прессованной древесины удобны электрические сушильные шкафы с терморегуляторами. Мелкие детали в таких сушильных шкафах при температуре 100—120° высушивают в течение 2—3 ч, а крупные — в течение 4—6 ч.

В природном состоянии прочностные свойства древесины используются далеко не полностью, что вызывает необходимость исследований еще не раскрытых процессов, происходящих в древесине под влиянием ее обработки и переработки. Для наиболее полного использования заложенных в древесине потенциальных возможностей и повышения качества древесного вещества применяется модификация древесины, т. е. придание ей новых физико-химических свойств.

Явление пластификации древесины под действием аммиака используется для ее уплотнения. Модификация древесины производится и синтетическими полимерами.

Химические изменения, происходящие в результате обработки древесины аммиаком, придают ей значительную пластичность, и древесина приобретает повышенную способность деформироваться при изменении влажности и температуры, а также под механическим воздействием. Пластичность древесины оказывает большое влияние на технологию модификации древесины аммиаком. Уплотнение обработанной аммиаком древесины можно осуществить холодным способом при сравнительно невысоком удельном давлении; удельная работа при сжатии в среднем в 1,7 раза меньше, чем для натуральной древесины. Обезвоживание обработанной древесины происходит путем термической и гидротермической обработки.

- Новые композиционные материалы, представляющие собой связующие составы, усиленные синтетическими нитями и волокнами (армированные пластики), используются конструкторами и технологами. В качестве армирующих стержней анкерных начинают применять стекло и базальтопластики. Водопоглощение за 24 ч стержней из базальтопластика равно 0,01 %.

Прочностные показатели (МПа) анкерных стержней из базальтопластика приведены ниже.

Разрушающее напряжение при растяжении	1 080—1 880
сжатии	460—490
изгибе	670—700
Модуль упругости при растяжении	89 000—93 000

Технико-экономическая целесообразность применения стержней из армированных пластиков определяется их высокими прочностными показателями, малой линейной плотностью и гигроскопичностью, высокой химической стойкостью и долговечностью.

В настоящее время в отечественной практике подземного строительства преимущественное распространение получили стеклопластиковые армирующие стержни, изготовленные на полиэфирном связующем.

Временное сопротивление разрыву у такого армирующего стержня составляет 1500 МПа. Характерно, что диаграмма растяжения стеклопластиковой арматуры остается прямолинейной вплоть до разрыва, а относительное удлинение к моменту разрушения составляет 2,5—3 %. Для улучшения сцепления со связующей композицией стеклопластиковой арматуре, так же как и стальной, придают периодический профиль. В отличие от стеклопластиков, армирующие элементы на основе базальтового волокна имеют большую прочность и химическую стойкость. Гигроскопичность базальтопластиков в 2—6 раз ниже, чем у стеклопластиков.

В последние годы в качестве армирующих стержней для адгезионных анкеров находят применение комбинированные конструкции: металл-дерево; металл-пластик; дерево-пластик; металл-бетон и т. д.

## **2.2. Быстротвердеющие вяжущие составы для закрепления в скважинах армирующих элементов анкеров**

Различают две разновидности анкеров, закрепляемых быстротвердеющими вяжущими составами.

В первом случае армирующие элементы анкеров в скважинах закрепляют с помощью связующих композиций минерального происхождения, например, цементных, цементно-песчаных составов. Во втором — посредством составов на основе органических вяжущих веществ, преимущественно синтетических смол.

Закрепление стержня вяжущими составами может производиться как на ограниченной его длине, так и по всей поверхности.

Быстротвердеющие вяжущие составы, получившие наибольшее распространение в угольной промышленности, приведены в табл. 2.4.

*Минеральные вяжущие вещества* представляют собой порошкообразные материалы, способные при смешивании с водой давать пластичное тесто, которое с течением времени под действием физико-химических процессов затвердевает, превращаясь в монолитное твердое тело высокой прочности.

Все минеральные вяжущие вещества можно разделить на две группы: воздушные, способные твердеть и длительно сохранять свою прочность только на воздухе, и гидравлические, твердеющие и длительно сохраняющие свою прочность не только на воздухе, но и в воде. Учитывая это специфическое свойство, для крепления анкеров в подземной практике используют, как правило, лишь гидравлические вяжущие вещества. К ним относят гидравлическую известь, романцемент, пуццолановый портландцемент, портландцемент со всеми разновидностями, шлакопортландцемент и глиноземистый цемент.

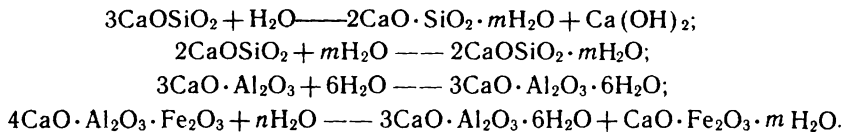
*Гидравлическую известь* получают обжигом не допуская спекания мергелистых известняков, содержащих от 6 до 20 % глинистых примесей. Обожженную гидравлическую известь гасят водой в пушонку или размалывают до требуемой тонкости помола. После затворения водой известь твердеет в течение 28 дней. Качество извести считается удовле-

**Таблица 2.4**  
**Быстротвердеющие вяжущие составы для угольной промышленности**

Синтетическая смола		Отвердитель (инициатор)		Ускоритель отверждения		Массовая часть инертного наполнителя
Наименование	Массовая часть вещества	Наименование	Массовая часть вещества	Наименование	Массовая часть вещества	
Полиэфирная (ПН-1)	30	Гипериз	15	Нафтенат кобальта	8—10	100
Полиэфирная (ПН-11)	30	То же	4	Пятиокись ванадия	5	70
Полиэфирная (ПН-63)	30	»	5	То же	4	70
Фенольно-резольная (ФРА)	100	Смесь ортофосфорной кислоты (ОФК) и бензосульфокислоты (БСК) в соотношении 1:2,5	40			100
Фуриловая (ФФ-1Ф) для сухих пород	40	Бензосульфокислота (БСК), 70 % водный раствор	6			100
Фуриловая (ФФ-1Ф) для обводненных пород	40	Смесь бензосульфокислоты (БСК) и ортофосфорной кислоты (ОФК) в соотношении 2,5:1	12			100
Фуриловая (ФФ-1Ф) для сухих пород	42	Бензосульфокислота (БСК), растворенная в контакте Петрова в соотношении 1,5:1	16			42
Фуриловая (ФФ-1Ф) для обводненных пород	40	Бензосульфокислота (БСК), растворенная в контакте Петрова в соотношении 1,5:1	20			40

творительным, если через 28 сут стандартный образец из раствора извести с песком состава 1:3 по массе имеет предел прочности на сжатие не ниже 2 МПа. Принимая во внимание сравнительно небольшую прочность растворов на основе гидравлической извести, последняя при проектировании составов для крепления анкеров применяется только в качестве специальной добавки, снижающей величину усадки смеси и препятствующей трещинообразованию.

Портландцементы представляют собой гидравлическое вяжущее, получаемое совместным помолом клинкера с добавкой природного гипса. Клинкер является продуктом обжига до спекания сырьевой смеси с составом, обеспечивающим преобладание в клинкере силикатов кальция. При затворении водой минералы портландцемента гидратируются, т. е. присоединяют к себе воду. В растворе возникают гидратные новообразования, которые обладают малой растворимостью и выпадают из него в виде геля. Этот процесс можно представить следующим образом:



Гель склеивает частицы цемента и постепенно упрочняется, так как пронизывается по разным направлениям растущими кристаллами гидрата окиси кальция и трехкальциевого гидроалюмината. Цементный камень твердеет медленно, повышая со временем свою прочность. Регулируя состав портландцемента, можно изменять количества геля и кристаллических сростков в затвердевшем цементном камне. Этим самым можно изменять свойства цемента и композиций на его основе. Для ускорения процесса твердения портландцемента используют различные добавки, среди которых хорошо себя зарекомендовали хлористый кальций, поташ, нитрат кальция, сульфат натрия и др. Введением в состав цементных растворов других добавок (табл. 2.5) можно добиться повышения водонепроницаемости, удобоукладываемости, морозостойкости и т. д.

Для установки анкеров вслед за продвижением забоя, когда крепь нагружается практически мгновенно и анкера подвержены действию динамических нагрузок, например, в результате взрыва, целесообразно в составах минеральных растворов в качестве основного связующего компонента использовать специальные виды портландцемента — быстротвердеющий (БТЦ) и особобыстротвердеющий портландцемент (ОБТЦ). Эти виды портландцемента содержат 50—60 %  $\text{C}_3\text{S}$  и 5—10 %  $\text{C}_3\text{A}$  и характеризуются интенсивным нарастанием прочности в начальный период твердения. Так, через три дня предел прочности на сжатие образцов на основе БТЦ составляет 30 МПа, а из ОБТЦ — не ниже 45 МПа.

В обводненных условиях для крепления анкеров могут использоваться составы на основе гидрофобного портландцемента. Гидрофоб-



Таблица 2.5

## Целевые добавки для цементных растворов

Регуляторы различных свойств составов	Вид	Примеры
Регуляторы реологических свойств	Пластифицирующие (водоотделяющие) Противосегрегационные (водоудерживающие)	ССБ, СДБ, ВРП
Регуляторы процессов схватывания и твердения	Разжижающие (без водоотделения) Замедлители схватывания Замедлители твердения Ускорители схватывания Ускорители твердения	Глины, СНВ, СПД, микропенообразователь ЦНИПС-1, диатомит, трепел, опока, туф, пемза, вулканический пепел, гранулированные шлаки, белитовый шлак, кислые зоны уноса Мылонафт, асидол, асидол-мылонафт, ГКЖ-10, ГКЖ-11, ВЛХК, НЧК CaSO <sub>4</sub> , керамитовый замедлитель, животный клей, ССБ, СДБ, мылонафт и другие в повышенных дозировках ССБ, СДБ NaF; K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ; CaCl <sub>2</sub> NaCl; CaCl <sub>2</sub> ; FeCl <sub>3</sub> ; ННК, ННХК. Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> NaCl, CaCl <sub>2</sub> , NaNO <sub>2</sub> , K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , ННХК Мылонафт, асидол, асидол-мылонафт, ГКЖ-10, ГКЖ-11, Н4К
Регуляторы структуры	Противоморозные Пластифицирующие воздухоовлекающие Воздуховлекающие (микропенообразующие) Микрогазообразующие Газообразующие Гидрофобизирующие Уплотняющие	СНВ, СПД, микропенообразователь ЦНИПС-1 КГЖ-94, ГКЖ-94М ПАК-3, ПАК-4 КГЖ-94, ФЭС-50, ГКЖ-11, ГКЖ-11
Ингибиторы коррозии армирующего стержня	Расширяющие Ингибирующие коррозии стали	Алюминат натрия, Fe(OH) <sub>3</sub> , водорастворимые смолы ТЭГ и ДЭГ, МФ-17 и др. CaSO <sub>4</sub> , Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> , глиноземистый цемент NaNO <sub>2</sub> , ННК
Наполнители	Активные минеральные Микронаполнители-разбавители Повышающие щелочностойкость Повышающие жаростойкость	Пепел, пемза, туф, опока, гранулированный шлак, кислые золи уноса, трепел Известняк, изверженные горные породы, пески, глины, доменные шлаки Известняк, доломит Хромит, магнезит, шамот, андезит, диабаз, активные минеральные добавки

Примечания: 1. Комплексные добавки в классификации не рассматриваются. Классификация приведена по Балицкому В. С. 2. Условные обозначения, принятые в таблице: ССБ — сульфитно-спиртовая барда; СДБ — сульфитно-дрожжевая бражка; ВРП — водорастворимый полимер; ННК — нитрит-нитрат кальция; ННХК — нитрит-нитрат хлорида кальция; ГКЖ — кремнийорганическая жидкость; ГКП — то же, порошок; ВЛХК — добавка Ветлужского лесохимического комбината; Н4К — нейтрализованный черный контакт; СНВ — смола нейтрализованная воздухоовлекающая; ПАК — порошок алюминиевый; ФЭС — кремнийорганический полимер; ТЭГ и ДЭГ — марки эпоксидных смол; МФ — мочевиноформальдегидная смола.

ный портландцемент изготавливают, вводя в обычный портландцемент при его помоле гидрофобизирующую добавку в количестве 0,06—0,3 % от массы цемента. Эта добавка, в качестве которой применяют, например, асидол, мылонафт и др., резко понижает гигроскопичность цемента и придает ему способность сохранять активность при длительном хранении. Кроме того, наличие гидрофобизирующей добавки в составе цементного раствора резко повышает его морозостойкость, что необходимо при применении анкеров в шахтных стволах.

При подборе закрепляющего состава для анкеров может весьма эффективно в качестве основного вяжущего компонента использоваться пуццолановый портландцемент. Это гидравлическое вяжущее, получаемое совместным помолом портландцементного клинкера, гипсового камня и активной минеральной добавки в количестве 20—45 % от массы клинкера. Здесь в качестве активных минеральных добавок применяют вулканический пепел, туф, пемзу, трепел, опоку, кремнеземистые отходы производства серноокислого алюминия и т. д. Пуццолановые цементы в отличие от обычного портландцемента имеют большую водостойкость и водонепроницаемость, повышенную стойкость к сульфатной агрессии, что особенно важно при необходимости повышения долговечности конструкций анкерной крепи.

*Шлакопортландцемент* также может применяться в составах растворов для крепления анкеров в горных породах. Получают шлакопортландцемент совместным помолом портландцементного клинкера, гипса и доменных гранулированных шлаков в количестве 30—60 % от массы цемента. Шлакопортландцемент по срокам схватывания не отличается от портландцемента, однако он более сульфатостоек.

Еще одним видом минеральных вяжущих, эффективных для приготовления закрепляющих анкеры составов, является глиноземистый цемент.

*Глиноземистый цемент* — это быстротвердеющее высокопрочное гидравлическое вяжущее вещество. Изготавливают его обжигом во вращающихся печах или плавлением в электропечах. Сырьем для глиноземистого цемента является известняк и боксит. Кроме того могут применяться отходы алюминиевой промышленности. Основное соединение в глиноземистом цементе — однокальциевый алюминат  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  — придает цементу способность приобретать в короткие сроки высокую прочность. При твердении глиноземистого цемента не выделяется гидрат окиси кальция  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , поэтому этот цемент весьма стоек в минерализованной среде. В трехсуточном возрасте композиции на основе глиноземистого цемента имеют прочность на сжатие от 30 до 50 МПа, причем уже через 24 ч после затворения цементный камень достигает 80—90 % марочной прочности.

Одним из наиболее эффективных минеральных вяжущих для изготовления связующих композиций адгезионных анкеров являются различные виды напрягающего цемента.

*Напрягающий цемент* представляет собой смесь двух компонентов, один из которых при твердении дает значительную усадку, а второй,

наоборот, приводит к расширению смеси, которое может компенсировать усадку портландцемента и даже дополнительно растянуть его без какого бы то ни было ослабления и разрушения композиции в целом. Состоит напрягающий цемент на 70—80 % из портландцементного клинкера и включает 10—15 % глиноземистого шлака, гипс и известь в количестве 10—15 % от массы портландцемента. В настоящее время напрягающий цемент изготавливают на Усть-Каменогорском, Днепродзержинском, Волковыском и Подольском цементных заводах.

Связующие композиции на основе напрягающих цемента характеризуются высокой (до 60 МПа) прочностью на сжатие и способны затвердевать в течение 2—4 ч. В суточном возрасте при температуре 20—25 °С образцы, изготовленные на основе различных марок напрягающего цемента, набирают до 50 % 28-суточной прочности.

Заводы Минстройматериалов СССР непрерывно увеличивают производство напрягающего цемента и расширяют его ассортимент, например, за последние годы налажен выпуск зимнего напрягающего цемента, способного затвердевать при температуре от —15 °С, напрягающего цемента с большой энергией расширения (НЦ-40 и НЦ-60), что делает это связующее весьма прогрессивным для изготовления закрепляющих составов, используемых при креплении анкеров.

*Органические вяжущие вещества* представляют собой материалы, образующие в результате химических реакций и физико-химических процессов углеводородные высокомолекулярные соединения высокой клеящей способности и прочности. Различают природные органические вяжущие вещества, к которым относят битумы, дегти и их разновидности, и синтетические вяжущие органические вещества, среди которых выделяют синтетические смолы и каучуки. Связующие композиции для анкеров разрабатывают в основном на низковязких синтетических термоактивных смолах — фурановых, фенол-формальдегидных, эпоксидных, полиэфирных, карбамидных, полиуретановых и других.

*Фурановые смолы* — многочисленная группа соединений, в молекулярной структуре которых присутствует гетероциклический радикал (фурановое кольцо). Получают фурановые смолы конденсацией фурфурола и фурилового спирта с фенолами и кетонами. В качестве основы закрепляющих составов для анкеров применяют фурановые смолы марок ФА, ФАМ, ФАФФ-31, ФФ-1Ф, МФФ и другие. Фурановые смолы представляют собой однородные темно-коричневые жидкости с плотностью 1,08—1,12 г/см<sup>3</sup>. Жидкости хорошо растворяются в ацетоне и других растворителях и способны длительно сохраняться даже при отрицательной температуре. Переход фурановых смол в твердое неплавкое состояние при нормальной температуре происходит под действием катализаторов катионного типа, в качестве которых используют следующие виды веществ:

минеральные кислоты — серная, фосфорная, азотная, соляная и т. д.; ароматические сульфокислоты, их ангидриды и хлориды бензосульфокислот — бензосульфокислота БСК, щавелевая, муравьиная кислоты, контакт Петрова и др.;

хлориты металлов —  $\text{FeCl}_3$ ;  $\text{SiCl}_4$ ;  $\text{SnCl}_4$ ;  $\text{TiCl}_4$  и прочие катализаторы Фриделя—Крафтса;

галогидсодержащие соединения —  $\text{BF}_3$ ;  $\text{AlBr}_3$  и т. д.

Наибольшее применение в закрепляющих составах для анкеров имеют бензосульфокислота, ортофосфорная и щавелевая кислоты. Эти катализаторы обеспечивают быстрое отверждение связующих композиций на фурановой основе и сравнительно безопасны в обращении.

*Феноло-формальдегидные смолы* — многочисленная группа полимеров, получаемых взаимодействием фенолов с альдегидами, главным образом с формальдегидом. Превращение фенолформальдегидных смол в твердое состояние при нормальной температуре происходит под воздействием кислых катализаторов, например сильных кислот или их ангидридов. Наибольшее применение в связующих композициях для анкеров получили фенольные смолы марок СФЖ-3032, ФРА, отверждение которых осуществляют серной, соляной кислотами, керосиновым контактом Петрова или бензосульфокислотой. В настоящее время в ряде зарубежных стран оформлены патенты на составы связующих композиций на основе фенольных смол с катализатором — фенолсульфоновой кислотой или ее метиленовыми производными. Отличительной особенностью такого катализатора является то, что он способен встраиваться в молекулы смолы и тем самым обеспечивает большую прочность композиций и минимальную их коррозионную активность. Последнее обстоятельство позволяет рекомендовать фенольные связующие композиции с новым катализатором для устройства постоянных анкеров.

*Эпоксидные смолы* — это высокомолекулярные соединения, содержащие в молекулах две и более оксидные группы. Промышленное производство эпоксидных смол основано на конденсации эпихлоргидрина с дифенилолпропаном в щелочной среде. В отличие от фурановых и фенольных смол эпоксидные смолы твердеют без выделения побочных продуктов, что обуславливает высокую прочность составов на их основе. Отечественная промышленность выпускает эпоксидные смолы различных марок. Это вязкие жидкости ЭД-16, ЭД-20, ЭД-40, ЭК-1, твердые продукты ЭД-13, ЭД-15, ЭД-Л и др. В качестве основы закрепляющих составов для анкеров используют жидкие эпоксидные смолы и компаунды с каучуками и фурановыми смолами.

Каталитическое отверждение эпоксидных смол вызывается третичными аминами, диметиламинометилфенолом, фтористыми соединениями. Особенно широкое распространение получили отвердители — полиэтиленполиамин (ПЭПА), аминифенол АФ-2, диэтилентриаминометилфенол (УП-583), трехфтористый бор  $\text{BF}_3$ . Для отверждения эпоксидных смол в подземной практике используют также жидкие полиамиды — Л-18, Л-20, ПО-300, получаемые конденсацией дикарбоновых кислот с полиаминами.

В отвержденном состоянии эпоксидные смолы хрупки. Поэтому в ряде случаев при проектировании закрепляющих составов для анкеров, эксплуатируемых в зонах сейсмических нагрузок, используют модификаторы, приводящие к пластификации. Наиболее эффективными

модификаторами, пластифицирующими связующие композиции, являются насыщенные и ненасыщенные эфиры — это, например, дибутилфталат, диметилфталат, олигоэфиракрилат МГФ-9. Введение пластификаторов в количестве 15—20 % к смоле по массе приводит к повышению прочности при разрыве связующих композиций, некоторому увеличению их деформативности и податливости.

*Ненасыщенные полиэфирные смолы* — высокомолекулярные соединения, содержащие в макромолекуле эфирные связи и реакционные группы. Ненасыщенность олигомеров (наличие и количество реакционных групп) определяет их способность к сополимеризации с другими винильными мономерами или гомополимеризации, приводящей к их отверждению и шивке. Практическое применение в подземной технологии имеют полиэфирмалеинаты и полиэфиракрилаты. Первые получают поликонденсацией дикарбоновых кислот с многоатомными спиртами при 160—240 °С. В качестве дикарбоновых кислот применяют смеси малеинового ангидрита или фумаровой кислоты с другими кислотами (фталевой, адипиновой), в качестве многоатомных спиртов — гликоли, глицерин и др. Полиэфиракрилаты получают поликонденсацией смеси ненасыщенных дикарбоновых кислот и многоатомных спиртов в присутствии метакриловой кислоты. Для приготовления закрепляющих анкеры составов используют полиэфирмалеинаты общего назначения, марок ПН-1, ПН-11, ПН-63, ПН-609-21М и полиэфиракрилаты, марок МГФ-9, ТМГФ-11, ТГМ-3 и др. Отверждение ненасыщенных полиэфирных смол производится путем активации двойных связей при воздействии на них радикалов, образующихся в ходе распада специальных инициаторов. Инициаторами служат перекисные соединения, которые образуют радикалы при повышенной температуре или взаимодействии с ускорителями. В шахтных условиях эффективна радикальная полимеризация под действием окислительно-восстановительных систем. Здесь окислителями выступают инициаторы — различные перекиси, например, бензоила, циклогексанона, метилэтилкетона, гидроперекись изопропилбензоила (ГИПЕРИЗ). Восстановителями являются ускорители: третичные амины, нафтенаты кобальта и марганца, пятиокись ванадия и другие вещества. Гидроперекись изопропилбензоила обычно применяют в сочетании с ускорителем — нафтенатом кобальта. Перекись бензола используют в паре с третичными аминами, обычно диметиланилином. Наибольшей активностью при отверждении ненасыщенных полиэфирных смол в условиях низкотемпературных температур отличается ускоритель — пятиокись ванадия в виде 0,1—1 % раствора в кислых фосфатах. Это используется при установке анкеров, например, в шахтных стволах в осенне-зимний период. Скорость отверждения может быть повышена также с увеличением молекулярной массы полиэфиров.

Процесс отверждения полиэфиров сопровождается значительной их усадкой до 16 %, что необходимо учитывать при расчете параметров анкерной крепи.

*Пластификаторы* получают реакцией между гидроксилсодержащим оли-

гомером и изоцианатом. В качестве гидроксилсодержащих олигомеров используют простые и сложные полиэфиры, диендиолы и ряд других соединений. Другим структурирующим компонентом для создания полиуретановых связующих композиций является полиизоцианат марок А, Б, Д, К. Другие виды изоцианатов практического применения не получили из-за высокой степени токсичности. Катализаторами при получении полиуретанов являются третичные амины, окислы металлов, щелочи. Широкое применение получили такие катализаторы, как триэтиламин, 2,4,6-трисдиметиламинометилфенол (УП606/2), октоат олова, дибутилдилаурат олова и др. Несмотря на высокие показатели прочности, эластичности и стойкости полиуретаны пока редко применяются в отечественной технологии крепления подземных выработок.

*Карбамидные смолы* имеют наименьшую, среди других видов синтетических смол, стоимость, но составы на их основе являются малопрочными и недолговечными. Для получения закрепляющих анкеров композиций используют мочевино-формальдегидные смолы марок УКС, МФ-17 и др. Такие смолы отверждаются введением в состав кислых катализаторов, например ортофосфорной кислоты или бензосульфокислоты. Водорастворимая смола УКС (унифицированная карбамидная смола) весьма эффективно отверждается солянокислым анилином, который вводится в состав в количестве 2,5—3 % от массы смолы. Содержание воды в карбамидных смолах иногда достигает 30—40 %, поэтому прочность и другие свойства карбамидных составов можно повысить, используя различные вещества, максимально связывающие воду. С этой целью в закрепляющие составы вводят фосфогипс, цеолиты или цементные наполнители.

На подземных работах в качестве основного компонента связующих композиций, предназначенных для крепления анкеров в породе, применяют все виды синтетических термореактивных смол.

В нашей стране получили промышленное применение шесть видов цементных составов — № 1—№ 6 (табл. 2.6).

Для закрепления стержней железобетонных анкеров в скважинах при строительстве транспортных тоннелей применяют состав, содержащий глиноземистый цемент марки 400—500; кварцевый песок в соотношении 1:1 по массе к цементу, воду  $V/C = 0,35 \div 0,45$  и добавку 5—6 % хлористого кальция от массы цемента. Такой состав твердеет в течение 4—6 ч и уже через 1 сут обеспечивает необходимую прочность закрепления анкера в породе. В ряде случаев допускают такое применение состава, включающего: портландцемент 300—500 и песок в соотношении 1:1, воду  $V/C = 0,4 \div 0,45$  и добавку жидкого силикатного стекла или хлористого кальция в количестве 3 % от массы цемента. Указанный состав набирает 80 % прочность за 48 ч и в этот момент обеспечивает усилие закрепления анкеров в породе не менее 100 кН. Удельное сцепление с породой у разработанных составов изменяется в зависимости от температуры окружающей среды (табл. 2.7).

Из табл. 2.7 видно, что при температуре +5 °С удельное сцепление с породой через 2 ч после установки анкера составляет 0,5 МПа, а через

Таблица 2.6

## Составы для крепления анкеров с минеральным вяжущим

Компонент	Массовая часть вещества в составе разных видов					
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Вяжущие:						
портландцемент марки 400		—		100	—	
глиноземистый цемент марки 500		100			100	
быстротвердеющий цемент БТЦ						100
водонепроницаемый расширяющийся цемент ВРЦ марки 500			100			
напрягающий цемент НЦ-20	100			—		
жидкое натриевое стекло (силикатный модуль 3,24 и плотность 1,3 г/см <sup>3</sup> )				340		
Добавки:						
хлористый кальций CaCl <sub>2</sub>	—	6	5		6	3
силикат натрия — гель Na <sub>2</sub> O·SiO <sub>2</sub>	2	—	—			—
алюминиевая пудра ПАК-4				0,1—0,2		
молотый гранулированный шлак				550—600		
кварцевый песок фракции 0,3—3 мм	100	100	100			100
Вода	0,35—0,45	0,35—0,45	0,35—0,45	0,35—0,45	0,35—0,45	0,35—0,45

48 ч — 4,5 МПа. При температуре +20 °С эта величина через 2 ч после установки анкера составляет 1,5 МПа, а через 48 ч также достигает 4,5 МПа.

ВНИИОШС разработал высокоэффективные составы для закрепления анкеров на основе быстротвердеющих марок цемента и напрягающего цемента. Такие составы набирают 50 % марочной (28-суточной) прочности за сутки и обеспечивают закрепление анкеров в породе с

Таблица 2.7

## Удельное сцепление цементных составов с породой

Температура среды, °С	Удельное сцепление цементных составов с породой (МПа) при сроке твердения, ч				
	2	4	6	24	48 и более
+5	0,5	1,0	1,5	4,0	4,5
+10	0,8	1,5	2,0	4,0	4,5
+15	1,0	2,0	3,0	4,5	4,5
+20	1,5	3,0	3,5	4,5	4,5

прочностью 40—50 кН через 8—12 ч после их установки. Прочность на сжатие образцов, приготовленных из состава на основе напрягающего цемента (НЦ-20), увеличивается от 5,6 МПа через 2 ч до 8,5 МПа через 28 сут.

Физико-механические свойства эпоксидной смолы приведены ниже.

Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,9—1,23
Удельная ударная вязкость, Дж/м <sup>2</sup>	(49—245) · 10
Предел прочности, МПа	
при сжатии	110—130
растяжении	30—50
статическом изгибе	80—110
Относительное удлинение при разрыве, %	1,5—6
Твердость по Бриннелю, МПа	180—250
Температура стеклования, °С	120—130
Водопоглощение, %	
за 24 ч	0,06
за 10 сут	0,2
Усадка при твердении, %	0,5—1

Свои ценные физико-механические свойства эпоксидные смолы приобретают при взаимодействии с отвердителями. Наиболее распространенным отвердителем эпоксидных смол является полиэтиленполиамин (ПЭПА). Этим обстоятельством объясняется создание многими исследователями эпоксидных связующих композиций, отверждаемых полиэтиленполиамином.

Массовая часть веществ в составах связующих композиций для адгезионных анкеров на основе эпоксидной смолы приведена в табл. 2.8.

Отвержденные полиэтиленполиамином эпоксидные смолы имеют высокие физико-механические свойства ( $\sigma_{сж} = 90—110$  МПа;  $\sigma_p = 30—50$  МПа;  $\sigma_{изг} = 80—110$  МПа), хорошую адгезию к металлу и грунту. Несущая способность анкеров, закрепленных в грунте эпоксидными составами, составляет 170—180 кН уже через 12—18 ч. Однако на процесс полимеризации при отверждении ПЭПА отрицательное влияние оказывает присутствие воды в реакционной смеси. Получаемый при этом полимер приобретает мутно-белую окраску и характеризуется низкой прочностью. Шахтные испытания показали, что полиэтиленполиамин как отвердитель во влажной среде оказывается неэффективным. В этой связи представляют большой интерес эпоксидные составы, стойкие в водной среде. Разработаны такие составы в ЛГИ им. Г. А. Плеханова и ИГД им. А. А. Скочинского. Испытания анкеров, установленных во влажных породах на эпоксидных составах, в которых в качестве отвердителей были применены аминифенол АФ и диэтилентриаминометилфенол УП-583, показали, что практически, не снижая прочностных характеристик, новые отвердители сокращают на 20—25 % по сравнению с ПЭПА сроки начала гелеобразования и за 12—18 ч обеспечивают полное отверждение составов даже во влажной среде. Стремление сократить время отверждения эпоксидных составов при положительных температурах привело к созданию композиции, отверждающим

Таблица 2.8  
Составы для крепления анкеров на основе эпоксидной смолы



Компонент	Массовая часть вещества в составе разных видов								
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9
<b>Эпоксидная смола марки:</b> ЭД-16 ЭД-20 ЭИС-1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<b>Отвердители:</b> полиэтиленполиамин ПЭПА аминофенол АФ-2 диэтилентриаминометилфенол УП-583 трифтористый бор БТФ	10—15	10—15	10—15	10—15	35—40	35—40	30—40	45—50	10—15
<b>Модификаторы:</b> олигоэфиркрилат МГФ-9 дибутилфталат ДБФ	20	20	20	30	30—35	30—35	6—10		
<b>Катализаторы:</b> суммарно-сланцевые фенолы ССФ 2,4,6-трисдиметиламинометилфе- нол (УП606/2)					200—250	200—250	200—250	100—150	200
<b>Наполнители:</b> кварцевый песок фракцией 0,3— 3 мм портландцемент марки 200 асбест	300—500	300—500	100—150	550	25	30—80			

агентом которой является трехфтористый бор. Введение его в смолу в чистом виде может вызвать мгновенную реакцию, поэтому в композиции используют 5—20 %-ный раствор комплекса трехфтористого бора с тетрагидрофураном. Такой состав при нормальной температуре отверждается за 2,5—5 мин и имеет хорошую адгезию к металлу и грунту.

Экспериментально установлено, что у непластифицированных эпоксидных составов от систематического воздействия взрыва нарушается сцепление с армирующим стержнем и с породой, в результате чего несущая способность анкеров уменьшается. Простейшим способом пластификации является добавка в эпоксидные композиции насыщенных эфиров дибutilфталата и ненасыщенных эфиров-олигоэфиракрилата в количестве 15—20 % к смоле по массе. При этом, как показывает опыт, прочность при разрыве и растяжимость композиций повышаются, а прочность при сжатии прогрессивно убывает с увеличением пластификации.

Исследования показали, что на эпоксидных смолах может быть приготовлено большое количество составов. Все предлагаемые составы характеризуются высокой клеящей способностью, прочностью, малой усадкой и большой водостойкостью в отвержденном состоянии. Анкеры, закрепленные в породе на указанных составах, имеют прочность не менее 180 кН через 1 сут после их установки. Однако широкое распространение эпоксидных связующих композиций не достигнуто из-за их высокой стоимости (в 3—4 раза дороже прочих смол) и дефицитности, а также из-за высокой начальной вязкости, хрупкости составов на чистых смолах и их токсичности. Одним из основных недостатков эпоксидных композиций являются также длительные сроки твердения при низко-положительных и отрицательных температурах.

Некоторые из перечисленных недостатков смягчаются при использовании в качестве основы закрепляющих составов для адгезионных анкеров модифицированных эпоксидных смол.

Известно, например, применение для этих целей композиций на основе смолы марки ФАЭД, в которых эпоксидная смола совмещается с фурфурол-ацетоновым манометром. Такая модификация значительно удешевляет состав, понижает его исходную вязкость и позволяет создавать смеси с большим содержанием наполнителей. Отверждают составы как аминами, так и кислотами. Известные закрепляющие составы на основе смол ФАЭД-8, ФАЭД-15 характеризуются высокими физико-механическими характеристиками и обеспечивают несущую способность анкеров до 40 кН через 1 сут при длине замка 10 см.

Более экономичные и менее дефицитные закрепляющие составы для сталеполимерных анкеров разработаны на основе композиций с фурановой и фенол-формальдегидной смолами. Предложенные закрепляющие составы, включающие мочевиноформальдегидную МФ-17, фенолформальдегидную СФЖ-3032, фурфуrolацетоновую ФА или ФАМ, фурано-воацетоно-фенолформальдегидную ФАФФ-31 смолы, после полного отверждения приобретают достаточную прочность (при растяжении 4,8—6,5 и при сжатии 50—70 МПа), плотность и стойкость. Адгезия таких

составов к стали и грунту составляет 4—5 МПа, а несущая способность анкеров 40—50 кН через 15 мин после их установки и до 80 кН через 1 сут при длине замковой части 150 мм.

Наибольшего внимания в этой группе заслуживают составы с фенольно-резольно-асбестовой ФРА и с фуриловой ФФ-1Ф смолами. Такие составы обеспечивают надежное закрепление анкеров в сухих и влажных грунтах.

Отверждают составы данной группы кислотами. Широкое распространение для отверждения подобных систем в подземной практике получили: бензосульфокислота БСК, ортофосфорная и соляная кислоты. Находят применение также мочевины, щавелевая кислота, контакт Петрова и другие отвердители.

Все составы опробованы в лабораторных и натуральных условиях и уже нашли применение на шахтах Кузбасса, в Джезказгане и других рудниках. Но такие недостатки, как использование кислых отверждающих агентов и высокая токсичность составов вследствие наличия в них свободного фенола и формальдегида, сдерживают их повсеместное применение. Основным недостатком этих составов является их низкая эффективность во влажных условиях, вследствие уменьшения концентрации кислых отвердителей.

На шахтах Южно-Уральского бокситового рудника нашли применение анкеры, закрепляемые в грунте полиэфирными составами. К технологическим достоинствам этих составов, кроме их высокой механической прочности, следует отнести легкость их отверждения при низких температурах. Полученные в ИГД им. А. А. Скопинского полиэфирные составы на основе смол марок ПН-1, ПН-11 и ПН-63 способны отверж-

**Таблица 2.9**  
**Составы для крепления анкеров на основе полиэфирных смол**

Компоненты	Массовая часть вещества в составе разных видов				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Полиэфирмалеиновая смола:					
ПН-1	100	100	—	—	—
ПН-11	—	—	100	—	—
ПН-63	—	—	—	100	—
ПНС-609-21М	—	—	—	—	100
Инициаторы:					
перекись бензоила ПБ	8—10	—	—	—	8—10
гидроперекись изопропил-бензола (гипериз)	—	15—20	10	10	—
Ускорители:					
нафтенат кобальта НК	—	20—25	—	—	—
диметиланилин ДМА	6—8	—	—	—	6—8
пятиокись ванадия В	—	—	10	10	—
Наполнитель — кварцевый песок (фракций 0,3—3)	300—350	300—350	300—350	300—350	300—350

даться за 5—30 мин в зависимости от температуры и обеспечивают прочность закрепления армирующих стержней в породе до 140 кН.

Массовые части веществ в составах связующих композиций для адгезионных анкеров на основе полиэфирных смол приведены в табл. 2.9.

Отверждение полиэфирной смеси происходит при введении гидроперекиси изопропилбензола (гипериза). При обычной температуре иницирование ускоряется добавкой нафтената кобальта или пятиокиси ванадия. Состав, включающий пятиокись ванадия (ускоритель «В»), отверждается за 10—15 мин даже при отрицательной температуре.

К недостаткам разработанных полиэфирных составов относится прежде всего малая их стойкость в обводненных породах, где отмечается снижение прочности закрепления анкеров во времени на 20 %.

Заслуживает внимания полиуретановый состав, предложенный для крепления анкеров в подземных выработках, нашедший применение на шахтах Донбасса и приведенный ниже.

Массовая часть веществ в полиуретановом составе приведена ниже.

Компонент А — кодицин	200
Компонент Б	
полиэфир П-509	100
трихлорэтилфосфат	40
триэтиламин	4
КЭП-1	0,5
Вода	2

В результате взаимодействия компонентов образуется химическое соединение — полиуретан, который во вспененном виде обеспечивает несущую способность анкеров до 100 кН через 2—5 мин после установки анкера при длине замка 100 см. Вследствие высоких механических характеристик и большого вспенивания (увеличение в объеме в 5—7 раз) композиции представляет интерес укрепление грунта путем инъекции полиуретана в горный массив. Недостатком состава является трудность регулирования процесса отверждения во влажной среде, а следовательно, получение рыхлых нестабильных структур с низкой прочностью, а также его дефицитность.

В последнее время в отечественной практике все большее распространение получают связующие композиции для анкеров на основе ненасыщенных полиэфирных смол (табл. 2.10). Особенностью новых связующих композиций перед ранее известными является наличие в составе специальных видов наполнителей-ускорителей реакции отверждения, реакционно-способных поверхностно-активных веществ и смесей полимеров типа ВПС (взаимно-проникающие полимерные сетки). Это обеспечивает высокие скорости отверждения составов и повышенную несущую способность анкеров даже в весьма обводненных, сильнотрещиноватых породах. Вместе с новыми составами разработана технология их применения при патронированном способе установки анкеров.

Значительное распространение анкерной крепи в подземном строительстве и ограниченные возможности дальнейшего совершенствования

имеющихся типов анкеров привели зарубежных исследователей к созданию сталеполимерной анкерной крепи, при которой закрепление армирующего стержня в грунте производится синтетическими смолами. Предложенная для этих целей фирмой «Сайнамид Интернейшнл Рок-Лок» смола «Рок-Лок», представляющая собой смесь эпоксидной и полиэфирной смол, при смешении с отвердителем затвердевает в течение 30—60 мин и имеет прочность на сжатие до 10—15 МПа. Связующая композиция «Рок-Лок» обеспечивает, как показали исследования, надежное закрепление анкеров даже во влажных породах.

Увеличение ассортимента синтетических смол и улучшение их физико-механических свойств, обеспечило создание ряда новых связующих композиций, которые, в свою очередь, способствовали широкому распространению СПА во всем мире.

Так, в США ежегодно устанавливают свыше 10 млн. сталеполимерных анкеров, в ФРГ — более 200 тыс. в Великобритании — около 1 млн. шт. в год. С каждым годом увеличиваются объемы применения сталеполимерных анкеров (СПА) во Франции, Японии, Австралии, Польше, Болгарии и других странах.

Массовая доля веществ (%) для зарубежных составов связующих композиций приведена в табл. 2.11.

За рубежом преимущественное распространение получили связующие композиции, основой которых являются полиэфирные и эпоксидные смолы, обеспечивающие быстрое (в пределах 30—60 мин) и надежное (с предельной нагрузкой до 180 кН) закрепление анкеров в грунте. Однако в последние годы получили большую известность полиуретановые составы фирмы «Бергверксфербанд Гмбх» (ФРГ), которые хорошо вспениваются, имеют по сравнению с другими составами низкую вязкость, незначительное и регулируемое время твердения (0,5—40 мин), высокие пластичность и сцепление с металлом и породой.

В Великобритании, например, разработана быстротвердеющая связующая композиция, содержащая гипс, сухой песок или измельченный кварц и раствор силиката натрия. Связующая композиция имеет массовую часть веществ в составе, приведенном ниже.

Гипса	6—25
Песка	20—44
Раствора силиката натрия	25—30

Отверждение связующей композиции происходит за 12—15 с. Прочность закрепления анкеров при ее использовании составляет не менее 70 кН. При заполнении ампул-патронов указанной связующей композицией одна камера включает сухую смесь гипса и песка, а другая содержит раствор силиката натрия. Отверждение композиции начинается при разрушении камер ампул-патрона и смешении компонентов. В восходящих шпурах с углом наклона более 60° надежность закрепления анкеров на этой композиции падает в связи с наличием низковязкого компонента — раствора силиката натрия и высокосыпучего компонента — смеси песка и гипса, которые до смешивания частично вымываются (высыпаются) из шпура.

Таблица 2.10

Новые связующие составы для крепления анкеров в различных горно-геологических

Связующее					
Основа		Инициатор-отвердитель		Ускоритель-катализатор	
Наименование	Мас- совая часть	Наименование	Массовая часть	Наименование	Массовая часть
Олигоэфиракрилат МГФ-9	100	50 %-ная паста перекиси бензоила в дибутил (метил) фталате — ПБ	0,5—20,0	Диметиланилин ДМА	0,5—7,0
Ненасыщенная полиэфирная смола ПН609-21М	100	50 %-ная паста перекиси бензоила в дибутил (метил) фталате — ПБ	0,5—20	Диметиланилин ДМА	0,5—7,0
Ненасыщенная полиэфирная смола ПН609-21М или ПН609-21РК	100	50 %-ная паста перекиси метилэтилкетона в дибутил (метил) фталате — ПМЭК	2—8	Пятиокись ванадия или смесь пятиокиси ванадия с нафтенатом кобальта	1—7
Форполимер с концевыми изоцианатными группами «СТЫК»	100			0,5—10 %-ный раствор 2,4,6-трисдиметил-аминометил-фенола УП606/2	10—15

условиях

Наполняющая система				Модификатор		Область эффективного использования состава
Наполнитель		Заполнитель		Наименование	Массовая часть	
Наименование	Массовая часть	Наименование	Массовая часть			
Сульфат бария	30—80	Гранулированный доменный шлак или кварцевый песок	10—150			Для мгновенного, временного крепления анкеров в сухих, нетрещиноватых и слаботрещиноватых породах с $f \geq 2$ и при температуре среды $t \geq 0^\circ\text{C}$
Сульфат бария	30—80	Гранулированный доменный шлак или кварцевый песок	100—250	Продукт взаимодействия «СТЫК»	10—30	Для мгновенного, временного и постоянного крепления анкеров в сухих, влажных и обводненных, нетрещиноватых и слаботрещиноватых породах с $f \geq 2$ при температуре среды $t > -5^\circ\text{C}$
		Смесь гранулированного шлака с ламповой сажей и гипсом в соотношении 8:1:2	250—300	Продукт взаимодействия аллилового спирта с толуилنديзоцианатом (АТЖ)	10—50	Для мгновенного крепления анкеров в сухих, влажных и обводненных, нетрещиноватых и слаботрещиноватых породах с $f \geq 2$ при температуре среды $t \geq -5^\circ\text{C}$
Гипс строительный	20—150			Аэросил А-175	3—10	Для ремонтных работ и вторичного анкерования в породах трещиноватых и сильнотрещиноватых

Связующее					
Основа		Инициатор-отвердитель		Ускоритель-катализатор	
Наименование	Мас- совая часть	Наименование	Массовая часть	Наименование	Массовая часть
Форполимер с концевыми изо- циаминатными группами «СТЫК»	100	Полиэтиленполи- амин — ПЭПА	0,2—3	0,5—10 %-ный водный рас- твор 2,4,6- трисдиметил- аминометил- фенола УП606/2	5—10

Серия экономичных связующих композиций, исключающих указанный выше недостаток, разработана в США. Предложенные композиции также включают два компонента. Один из компонентов представляет собой пастообразную смесь из цемента, песка и загустителя, в качестве которого используют жидкие нефтепродукты. Второй компонент — это вязкая жидкость, включающая воду, песок и полиакриламид. Полиакриламид не только загущает систему, но и является эффективным полимерным поверхностно-активным веществом, увеличивающим прочность композиции. Жидкие нефтепродукты одновременно выполняют роль пластификатора системы. Преимуществом композиций является длительный срок их хранения, легкость введения армирующего стержня в шпур, заполненный ампул-патронами, содержащими эти композиции, высокая прочность и надежность закрепления анкеров. По данным фирмы-разработчицы несущая способность анкеров, закрепленных в грунте цементно-полимерными композициями, составляет в суточном возрасте не менее 120 кН.

Для стабилизации физико-механических свойств цементных композиций, используемых для адгезионных анкеров, предлагаются и другие различные добавки. В Великобритании получили применение ампул-



Наполняющая система				Модификатор		Область эффективного использования состава
Наполнитель		Заполн		Наименование	Массовая часть	
Наименование	Массовая часть	Наименование	Массовая часть			
						тых, сухих и обводненных с $f \geq 2$ при температуре среды до $-5^\circ\text{C}$
Гипс строительный	20—200	Аэросил А-300	1—10	Полиизоцианат	10—60	Для мгновенного и постоянного крепления анкеров в сухих и обводненных трещиноватых и сильно трещиноватых породах с $f \geq 2$ при температуре среды $t \geq -5^\circ\text{C}$

патроны, содержащие альфогипсоцемент и водный раствор карбоксиметилцеллюлозы. Эта связующая композиция весьма технологична в приготовлении, нетоксична, имеет высокие физико-механические показатели.

В США исследователи предложили неорганическую полимерную связующую композицию для патронированного способа установки анкеров, включающую соли фосфорной кислоты с высоковалентными металлами, например,  $\text{Al}(\text{H}_2\text{PO}_4)$  и окиси и гидроокиси металлов. Связующая композиция быстро твердеет даже в присутствии воды и обеспечивает достаточно высокую прочность закрепления анкеров.

С каждым годом в подземном строительстве и горном деле увеличивается спрос на ампул-патроны, содержащие органические полимерные композиции. Это вызвано тем обстоятельством, что органические полимерные связующие композиции резко превосходят по всем физико-механическим свойствам композиции на основе минеральных вяжущих материалов.

Во Франции разработан связующий состав на основе ненасыщенной полиэфирной смолы, который содержит массовую часть веществ в составе, приведенном ниже.

Ненасыщенная полиэфирная смола	28,5
Доломит (инертный наполнитель)	66,0
Диметиланилин (ускоритель)	0,5
Перекись бензоила в дибутилфталате (инициатор)	5,0

При использовании ампулы с этим составом длиной 320 мм и диаметром 30 мм обеспечивается несущая способность стержня анкера через 15 мин после установки в пределах 90 кН, что в 2—2,5 раза выше, чем у составов на основе неорганических вяжущих веществ.

Во Франции также широкое применение получили ампул-патроны с композицией под названием «Селфикс». Композиция «Селфикс» на основе ненасыщенной полиэфирной смолы включает массовую часть веществ в составе, приведенном ниже.

Ненасыщенная полиэфирная смола	100
Силикагель	1,5
Перекись бензоила	1
Паракрезол (ингибитор)	0,1
Мел	50
Кварцевый песок	30

Особенность композиции в том, что она может размещаться в однокамерном ампул-патроне. Ингибитор радикальной полимеризации — паракрезол, предотвращает преждевременное отверждение композиции. Однако при размещении ампул-патрона с композицией «Селфикс» в шпуре и сообщении армирующему стержню анкера частоты вращения 1600—

Таблица 2.11

Зарубежные составы связующих композиций для крепления анкеров

Составляющие	Массовая доля вещества (%) в составах разных стран						
	Япония		Болгария		Франция	Великобритания	Польша
Смола Ер1	—	—	—	—	—	—	25—30
Эпоксидная смола	31	49	25	—	—	—	—
Полиэфирная смола	—	—	—	25	28,5	25	—
Смола Pо1а100	—	—	—	—	—	—	30—35
Полиамидная смола	18	—	—	—	—	—	—
Диэтилентриамин	1	4	—	—	—	2—2,5	—
Перекись бензоила	—	—	—	—	5	—	—
Перекись метилэтилкетона	—	—	—	3	—	—	—
Фурфуриловый спирт	—	2	—	—	—	—	—
Диметиланилин	—	—	—	—	0,5	—	—
Нафтенат кобальта или ванадия	—	—	—	2	—	—	—
Ускоритель-1	—	—	—	—	—	—	10—15
Ускоритель HCH	—	—	—	—	—	—	12
Пластификатор	—	—	—	—	—	—	2—10
Наполнитель	50	45	—	—	70	—	—
Доломитовая крошка	—	—	—	—	60	—	—
Кварцевый песок	—	—	73	—	—	125	—

Таблица 2.12

## Эпоксидно-полиамидные составы для крепления анкеров

Компоненты	Массовая доля веществ (%) в составе		
	№ 1	№ 2	№ 3
Эпоксидная смола	31	62	49
Полиамидная смола	18	36	—
Диэтилентриамин	1	2	4
Наполнитель	50		45
Фуриловый спирт			2

3000 с<sup>-1</sup>, смесь теряет текучесть за 15—16 с и через 20 мин обеспечивает несущую способность анкера до 150 кН.

Аналогичные анкеры со связующей композицией на основе ненасыщенной полиэфирной смолы устанавливаются при креплении подземных выработок в Канаде. Они получили название «Сайболт». Связующая композиция анкеров «Сайболт» твердеет за 45—60 мин.

В Японии крепление анкеров в грунте рекомендуется проводить эпоксидно-полиамидными композициями. Наиболее часто используемые в практике подземного строительства композиции представлены в табл. 2.12.

Композиции обеспечивают прочность закрепления анкеров до 180 кН уже через 1—2 ч после окончания их установки.

В Польше основным компонентом органических связующих композиций является ненасыщенная стиролосодержащая полиэфирная смола. Для патронированного способа крепления в основном применяют композицию с массовым содержанием веществ в составе, приведенном ниже.

Ненасыщенная стиролосодержащая полиэфирная смола	20—40
Р-хинин	0,5—5
Кварцевая мука	30—100
Диметиланилин	0,1—5
Алюминевый порошок	0,1—10
Перекись бензоила в дибутилфталате	0,1—5

В Австрии также используются композиции для крепления анкеров на основе полиэфирных и эпоксидных смол.

Фирма «ИСИ» (Великобритания) предлагает связующие композиции на основе ненасыщенных полиэфирных смол, обеспечивающие практически мгновенное закрепление анкеров в широком диапазоне температурно-влажностных условий. Отличие их состоит в применении для отверждения композиции различных по химической природе редокс (окислительно-восстановительных) систем. Кроме того, для удобства эксплуатации композиции включают различные красители. Всего выпускается для патронированного способа установки анкеров четыре типа композиций (табл. 2.13).

Основными составляющими композиций служат перекисное соединение (окислитель) и третичный амин или окись переходного металла

**Таблица 2.13**  
**Составы фирмы «ИСИ»**

Тип ампул-патрона	Цвет связующей композиции	Время отверждения композиции (мин) при температуре, °С						
		-5	0	+5	+10	+15	+20	+20
А	Красный	4	2,15	1,5	1,0	0,75	0,6	0,9
Б	Белый		50	30	17	8	5	3
В	Голубой				35	15	9	6
Г	Голубой				60	36	20	13

(восстановитель). Используют перекиси бензоила, циклогексанона, метилэтилкетона. Активными парами перекисей служат диметиланилин, нафтенат кобальта и пятиокись ванадия. Несущая способность анкеров, закрепленных в грунте этими композициями, составляет 110—170 кН.

Фирмой «Бергверксфербанд Гмбх» (ФРГ) созданы связующие композиции для анкеров на основе ненасыщенных полиэфирных смол и полиуретанов. Первые практически не отличаются от подобных композиций, разработанных исследователями Великобритании, Франции, США и другими. Полиуретановые композиции представляют значительный интерес. Они могут быть использованы как для патронированного способа установки анкеров, так и для инъекции их в грунт. Всего для различных условий разработано три вида связывающих композиций:

1. Обычная, предназначенная для крепления анкеров в сухих и слегка влажных грунтах. Время начала отверждения композиции составляет 4—5 мин. Полное отверждение композиции происходит за 1,5—2 ч.

2. Быстротвердеющая, предназначенная для крепления анкеров в слабоустойчивых сильнотрещиноватых грунтах. Время начала отверждения композиции составляет 70—80 с. Полное ее отверждение происходит за 80—100 с.

3. Водостойчивая, предназначенная для крепления анкеров во влажных и обводненных грунтах. Время начала отверждения — 55 с. Время полного отверждения 10—15 с.

Основными компонентами полиуретановых композиций служат полиизоцианат (беведан) и смесь многофункциональных полиэфирных спиртов (беведоль).

Композиции отличаются высокой прочностью, большой кратностью вспенивания (до 10 раз), низкой токсичностью, широким диапазоном эффективного использования. Прочность анкеров, закрепленных указанными композициями, составляет не менее 100 кН.

Таким образом, крепление анкеров во всем мире наиболее широко производится связующими композициями на основе эпоксидных, полиэфирных смол и полиуретанов. Прочие виды смол в качестве основных композиций для крепления анкеров практического применения не получили.

В мировой горной практике применяют различные установки для наполнения ампул связующими материалами. В отечественной практике наибольшее распространение получила установка УНА-2.

Установка УНА-2 предназначена для механизированного наполнения двухкамерных ампул в жестких внешних оболочках из алюминиевых труб диаметром 35 мм и длиной 170 мм и внутренних оболочек из стеклянных пробирок диаметром 8 мм и длиной 100 мм.

Установка (рис. 2.1) включает два механических поста: пост наполнения внешних оболочек А и пост наполнения внутренних оболочек Б.

Пост наполнения внешних ампул из алюминиевых труб имеет трубчатую неподвижную стойку<sup>1</sup>, на которой смонтирован поворотный стол 2 с ячейками для ампул, емкость 3 со связующей смесью и дозатором, бункер 4 с наполнителем, а также с дозатором. Для лучшего смешения жидкости и сыпучего наполнителя предусмотрено сотрясающее устройство.

Герметизирующее устройство, расположенное далее на поворотном столе, включает три блока: обжимной, загибочный и формирующий.

Пост наполнения стеклянных пробирок инициатором также состоит из поворотного стола 5, в котором в ячейках закрепляются стеклянные пробирки. При вращении поворотного стола пробирки вначале располагаются под емкостью с дозатором с отвердителем (инициатором), а затем попадает под иглу-сопло, из которого посредством капельного механизма 6 изливается жидкость, образующая при взаимодействии с отвердителем твердый материал, предохраняющий отвердитель, содержащийся в стеклянной пробирке от внешних воздействий.

Установка работает от общего привода 7

#### Техническая характеристика установки УНА-2

Производительность, ампул/ч	125—250
Вместимость бака иницирующей смеси,	7±1
Вместимость бака смолы, л	7±1
Вместимость бункера наполнителя, л	40±1,5
Изменение дозы иницирующей смеси, м	от 1,6 до 6,3
Изменение дозы смолы, см	от 29,5 до 78,5
Частота вращения кулачковых валов, мин <sup>-1</sup>	5,81±0,2
Амплитуда вибрации ампул, мм	2±0,3
Частота вибрации ампул, мин <sup>-1</sup>	7,75±0,25
Время вибрации ампул, с	50+5
Габаритные размеры, м	
длина	2140
ширина	1270
высота	2140
Масса, кг, не более	1340
Энергоемкость кВт·ч/ампул, не более	0,009

### 2.3. Материалы для опорных элементов и затяжек

Для изготовления опорных плит используется листовая горячекатаная и холоднокатаная сталь толщиной 4—8 мм, бывшие в употреб-

лении решетки конвейеров С-50, С-53, СР-70, а также отходы производства при изготовлении металлической рамной крепи.

Анкерные подхваты, как правило, изготавливают из швеллеров № 8, 10 и 12, уголка 50×50, 45×45 и 63×40 мм, полосы 100×5 и 90×6 мм и спецпрофиля СВП 17, СВП 19 и СВП 22, круга диаметром 12 и 14 мм, а также бывшего в употреблении стального каната.

Для изготовления крупногабаритной решетчатой затяжки используется проволока диаметром 5—6,5 мм. В ряде случаев для перетяжки закрепленной кровли применяют стеклоткань или сетку с квадратными ячейками.

Сетка поставляется в рулонах длиной 10—15 м. В Кузбассе сетка № 20 поставляется в основном Гурьевским металлургическим заводом стоимостью 0,84 руб. за 1 м<sup>2</sup>

Стеклоткань ВПР-10-1000 в рулонах шириной 950 мм пропитывается бакелитовым лаком для придания ей большей жесткости и огнестойкости. Для этих же целей используется стеклопластик с пропиткой полихлорвиниловыми лаками с алюминиевой пудрой. Чтобы придать затяжке наибольшую жесткость ее вторично пропитывают и упрочняют под прессом с использованием инертной пыли. Однако эта затяжка обладает недостаточной несущей способностью на изгиб и поэтому ее применяют в выработках при незначительных смещениях горных пород.

В настоящее время на шахтах Кузбасса получила широкое распространение полимерная [1] и комбинированная трехслойная затяжка [2], состоящая из двух крупногабаритных решетчатых затяжек с расположением между ними стеклоткани.

Затяжка характеризуется высокой несущей способностью, огнестойкостью, незначительной массой и технологичностью изготовления. Ее целесообразно применять в выработках, пройденных по углю и породе с большим сроком службы.

Полимерная затяжка изготавливается Байдаевским шахтопроходческим управлением (БШПУ, г Новокузнецк, Кемеровской обл.) трех типоразмеров — узкая размером 790×200×35 мм, средняя — 790×500×30 мм и широкая 790×1000×30 мм.

Для изготовления затяжки используют смолу СФЖ-3032.

На изготовление одной узкой полимерной затяжки расходуется 2,1 кг этой смолы, 2,6 кг коксовой мелочи, 0,7 кг проволоки для арматуры и 0,4 кг отвердителя ВАГ-3.

Полимерные затяжки изготовляют на специальных установках, оборудованных восемью прессформами. В каждую прессформу укладывается однослойная арматурная решетка из проволоки — катанки. Раствор смолы после заливки в прессформы из смесителя прогревается при температуре 70 °С в течение 15—20 мин. Чтобы готовая полимерная затяжка свободно отделялась от прессформы, ее смазывают индустриальным маслом № 20 с присадкой графита. На действующей установке выпускают до 200 тыс. затяжек в год. По сравнению с железобетонной полимерная затяжка в 3,4 раза легче и более устойчива к удар-

ным нагрузкам, в связи с чем она не деформируется при транспортировании, погрузке и разгрузке.

Кроме того, значительно снижается трудоемкость работ по установке затяжек в горных выработках.

### 3. КОНСТРУКЦИИ АНКЕРОВ

#### 3.1. Металлические замковые анкеры

В нашей стране налажен серийный выпуск нескольких разновидностей металлических замковых анкеров, созданных с учетом местных условий их производства и внедрения. Металлические распорные анкеры, изготавливаемые из круглой стали диаметром 16—20 мм, применяются в основном на угольных шахтах, а клинощелевые анкеры с диаметром стержня до 24 мм — на отдельных рудниках черной и цветной металлургии. Параметрический ряд металлических анкеров длиной 1—2,4 м содержит 8 типоразмеров стержней с интервалом 0,2 м.

На рис. 3.1, а, б, в показаны распорные анкеры, изготавливаемые на предприятиях Кузбасса (табл. 3.1) в объеме 1,6—1,8 млн. штук в год. Основными предприятиями-изготовителями являются Ленинск-Кузнец-

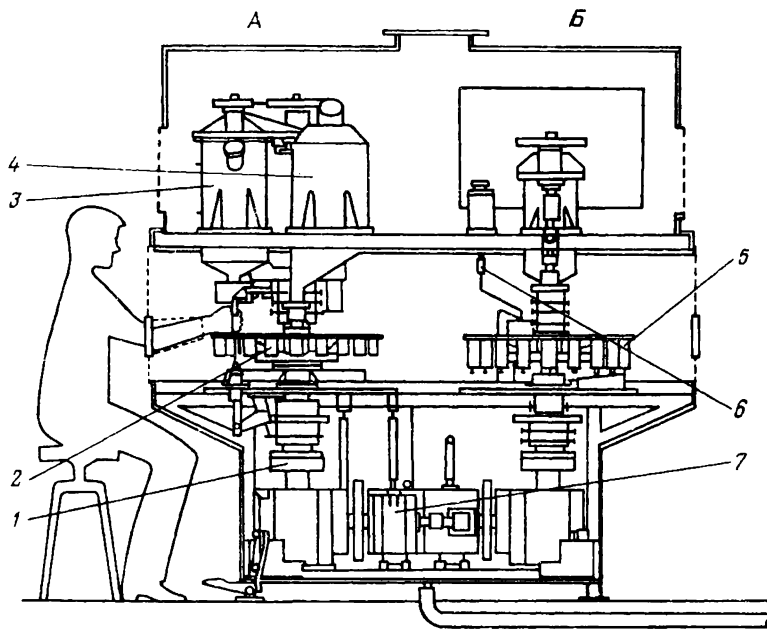


Рис. 2.1. Установка для наполнения ампул УНА-2

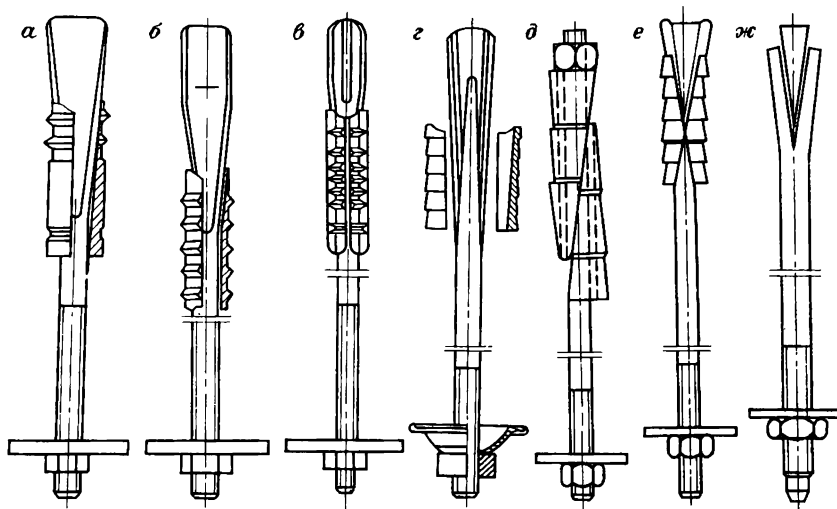


Рис. 3.1 Конструкции применяемых металлических замковых анкеров:  
*а* ШК-1м, *б* АК-8у; АКМ, ЭС-2Э, *д* АД-1, *е* — АП-2м, *ж* — линошелевого типа

кий завод «Красный Октябрь», Новокузнецкий завод «Гидромаш», Прокопьевский механический завод и Осинниковский ремонтно-механический завод. Указанные конструкции анкеров применяются на шахтах Кузбасса, Восточной Сибири, Приморского края и о. Сахалин. Они состоят из стержня с выштампованной головкой на одном и резьбой на другом конце, двух полуштуков с рифленой наружной поверхностью, шайбы и гайки. Замковая часть стержня анкера ШК-1м выполнена в виде клиноконической головки, на которую перед установкой крепи

**Таблица 3.1**  
**Техническая характеристика анкеров**

Показатели	ШК-1м	АК-8у	АКМ
Диаметр скважины, мм	43	43	30
Диаметр стержня, мм	20	20	16
Поперечные размеры замка, мм:			
в исходном положении	40×40	38×40	26×28
в рабочем положении	40×54	38×56	26×38
Конструктивная податливость, мм	до 80	до 80	до 70
Прочность на сжатие закрепляемых углей, МПа (не менее)	8	8	10
Прочность на сжатие закрепляемых пород, МПа (не менее)	30	30	30
Несущая способность, кН	25—120	35—120	40—96
Масса, кг	3,9—6,4	3,8—6,3	2,1—4,4
Стоимость изготовления анкера длиной 1,8 м, руб.	1,23	1,23	0,94



насаживаются полувтулки, имеющие с внутренней стороны желоб с посадочным гнездом, а с наружной — два полукольцевых треугольных выступа и полукольцевую проточку. В отличие от ШК-1м клиноконическая головка анкеров АК-8у и АКМ заканчивается уширением плоскоцилиндрической формы поперечного сечения, что позволяет повысить усилие распора замка в сравнительно слабых горных породах. Анкер АКМ [3] имеет в замковой части стержня два продольных паза, обеспечивающих увеличение площади контакта стержня с полувтулками и повышение усилий распора замка.

Предварительное закрепление анкера в скважине производится с помощью установочной трубы. С этой целью на стержень анкера насаживают обе полувтулки, помещают стержень в трубу так, чтобы полувтулки уперлись в ее торец, вводят анкер с трубой в скважину и перемещают его до упора в забой скважины, далее наносят ручным инструментом удары по наружному концу трубы и извлекают трубу из скважины. При нанесении ударов по трубе полувтулки, получая осевое перемещение, заклинивают стержень.

Окончательное закрепление анкера осуществляется путем затяжки гайки с осевым усилием 20—30 кН.

На рис. 3.1, г показан анкер ЭС-2Э, применяемый на сланцевых и угольных шахтах отдаленных районов страны, который изготавливается на заводе по ремонту горношахтного оборудования ПО «Эстонсланец» в объеме 500 тыс. штук в год. Он состоит из стержня диаметром 20 мм, двух полувтулок с рифленой наружной поверхностью в виде треугольных выступов, сферической шайбы и квадратной гайки. Стержень анкера имеет на одном конце выштампованную головку с тремя гофрированными выступами, облегчающими извлечение крепи из скважины, а на другом — резьбу на длине 150 мм.

Отличительной особенностью анкера АД-1 (рис. 3.1, д) конструкции ДонУГИ является наличие на стержне в замковой части двух клиньев: верхнего и нижнего. К верхнему клину приварена гайка. Перед вводом анкера в скважину клин при помощи гайки навинчивается на стержень, а другой клин присоединяют к стержню и придерживают установочной трубой. После предварительного закрепления анкера в скважине надевается опорная плитка и навинчивается гайка. Анкер может использоваться повторно путем вывинчивания стержня из гайки верхнего клина.

Анкер АР-2м конструкции КНИУИ (рис. 3.1, е) состоит из стержня длиной 17 мм, в прорезь которого вставлен и приварен клин, за счет чего образуется клиноконическая головка, на которую для закрепления анкера в скважине установочной трубой надеваются полувтулки, удерживаемые на анкере монтажным кольцом. На выступающий из скважины конец стержня анкера устанавливается шайба и навинчивается гайка.

Наблюдениями КНИУИ установлено, что накатанная резьба по сравнению с нарезкой ее на болторезном станке на 25—30 % прочней, меньше деформируется при транспортных и перегрузочных работах,

а также меньше подвергается коррозии. Анкеры АР-2м изготавливаются на Карагандинском заводе по ремонту горношахтного оборудования, имеют цену 1,51 руб. при длине анкера 1,8 м.

#### Техническая характеристика анкера АР-2м

Длина анкера, мм	1800
Диаметр стержня, мм	18,3
Размеры клина, мм:	
толщина	18
длина	120
ширина	30
Размеры ребристых полумуфт, мм:	
длина	125
диаметр	38
Несущая способность анкера в скважине, кН	55—100
Масса комплекта анкера, кг	5,12—6,44

Наружная поверхность ребристых полумуфт выполнена в виде елочки, обладающей уменьшенным встречным углом, образуемым ребрами полумуфт со стенками скважины, что облегчает ввод анкера в скважину и обеспечивает достаточно высокое первоначальное закрепление замка. Выступающий по обе стороны стержня анкера клин на 5 мм исключает проворачивание распирающего устройства внутри ребристых полумуфт, что обеспечивает надежную и высокую работоспособность распорного замка.

Кроме того, предусмотрено равенство углов скоса клина и внутренних граней ребристых полумуфт, что в сочетании с уширенным клином обеспечивает устойчивое скольжение наклонных граней полумуфт, вследствие чего достигается равномерное и полное соприкосновение внешней поверхности ребристых полумуфт со стенками скважины.

Клинощелевые анкеры применяют обычно в породах с  $f = 5 \div 8$ . Анкер (см. рис. 3.1, ж) состоит из стержня, имеющего с одной стороны прорез шириной 3—5 мм для клина, а с другой резьбу для натяжной гайки. Размеры замка анкера подбирают таким образом, чтобы обеспечить внедрение усов в стенки скважины с одной стороны на 5—7 мм.

Клинощелевые анкеры могут также использоваться повторно, если их клин имеет ширину больше диаметра стержня. В этом случае по предложению КузНИУИ используется следующий прием.

Отвинчивают натяжную гайку и снимают опорную плитку. На стержень анкера надевают установочную трубу до упора в выступающие из прорези части клина. На выступающий из скважины конец стержня анкера надевается опорная плитка и навинчивается натяжная гайка.

При этом стержень анкера подается в сторону устья скважины и извлекается, а клин остается на месте. После извлечения из скважины стержня клин при круторасположенных скважинах выпадает под действием собственного веса.

### 3.2. Металлические беззамковые анкеры

Типичными металлическими беззамковыми анкерами являются применяемые на рудниках армировочные винты, разработанные ИГД им. А. А. Скочинского. Они имеют наружный диаметр 32 мм, шаг витков 30 мм, высота витков 6,5 мм, угол заострения витков 30°. Для установки армировочных винтов бурят скважины диаметром 28 мм.

По данным работы [12] величину внедрения резьбы армировочного винта рекомендуется принимать  $2 \pm 0,3$  мм независимо от крепости горных пород, что осуществить практически сложно, особенно при наличии крепких породных прослоек и уменьшении диаметра коронок при их износе.

Армировочные винты изготавливаются на трехвалковых станах поперечно-винтовой прокатки в ПО Беларускалий (г. Соликамск) и на автоматизированных прокатных станах типа А-1689 ПО Южкузбассуголь в условиях ремонтно-механического завода (г. Осинники). В качестве заготовок для изготовления армировочных витков длиной 1,8 м используется круглая сталь диаметром 26 мм длиной 1200 мм, а для изготовления буровых штанг диаметром 26 мм той же длины используется заготовка диаметром 22 мм длиной 1420 мм из стали У8А.

Стан А-1698 обеспечивает изготовление в год 350 тыс. армировочных винтов или буровых штанг.

В нашей стране конструкции взрывораспорных анкеров разработаны ИГД им. А. А. Скочинского, ЛГИ, КузПИ, ВГИ, ВостНИГРИ.

Эти анкеры изготавливаются на рудниках путем резки длинномерных труб на металлообрабатывающих станках, электро- и газосварочных аппаратах, труборезах и т. д. При резке труб на сварочных аппаратах нельзя допускать затекание расплава внутрь трубы, так как это будет осложнять их герметизацию, путем установки деревянных или резиновых пробок.

Взрывораспорный трубчатый анкер (рис. 3.2), предназначенный для крепления скальных пород (рис. 3.2, а), состоит из трубчатого стержня 1, опорного элемента 2, нижней и верхней герметизирующих пробок 4 и 5, детонирующего шнура 6. Перед вводом анкера в скважину внутреннее пространство трубы 7 заполняется водой. В устье скважины стержень анкера фиксируется деревянным клином.

Для обеспечения равномерного закрепления стержня анкера по длине скважины могут дополнительно применяться наружные 3 или внутренние эластичные элементы 8 (рис. 3.2, б).

В этом случае обеспечивается перераспределение энергии взрыва, которая гасится эластичными элементами, предохраняя их почти полностью от деформации в этих местах. В качестве материала для перегородок может использоваться пенопласт или резина.

В момент образования в трубчатом стержне анкера от взрывной волны раздутый и вдавливания их в стенки скважины происходит его укорочение и самонатяжение, что способствует более плотному прижатию опорных элементов к обнаженной поверхности пород.

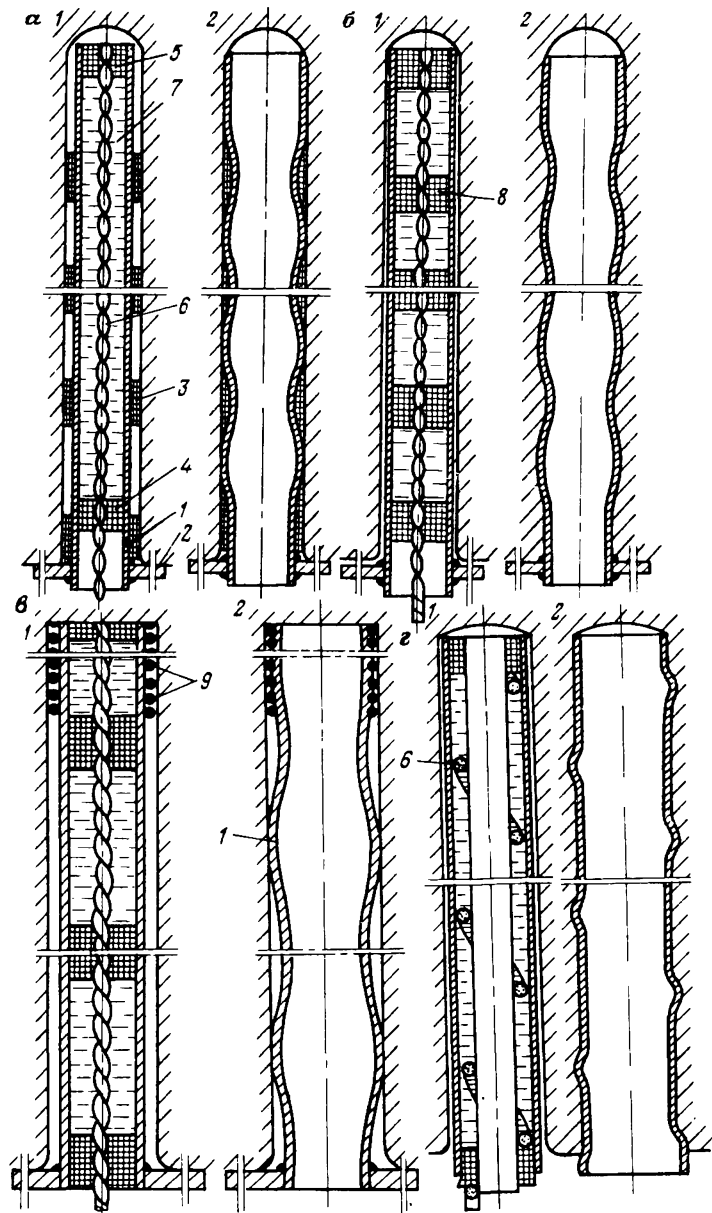


Рис. 3.2. Конструкции взрывораспорных трубчатых анкеров:  
 1 — до взрыва; 2 — после взрыва

Для повышения несущей способности взрывораспорных анкеров, устанавливаемых в слабых и средней крепости горных породах ВостНИГРИ предложено использовать специальные гранулы, например, чугунную буровую дробь диаметром до 3 мм и металлическую стружку 9 (рис. 3.2, в) или располагать детонирующий шнур 6 спиралеобразно вокруг стержня анкера (рис. 3.2, г).

В этом случае раздутие и внедрение участков трубчатого анкера происходит по винтовой линии.

Для оснащения взрывораспорных анкеров гранулами на наружную поверхность стержня наносят вязкое вещество, например, солидол, гранулы располагаются на половине его длины и вводят в скважину. При другом способе используют тканевую ленту, на которую наносят эпоксидную смолу или клей наиритовой марки Н-88. После этого ленту приводят в соприкосновение с гранулами и после схватывания доставляют в шахту к месту установки взрывных анкеров, где она вместе со стержнем вводится в скважину [16].

В. Г. Венгловским предложена взрывораспорная анкерная крепь с опорным элементом «звезда», который формируется в процессе установки анкерной крепи. Для получения опорного элемента анкера типа «звезда» изготавливают трубные заготовки, длина которых превышает длину скважины на 3—6 диаметров трубы. На этом участке трубы образуют 5—8 продольных насечек длиной 120—140 мм.

#### Техническая характеристика взрывораспорного анкера

Оптимальные параметры, мм:	
диаметр анкерной трубы	33,3
диаметр шнура	39—40
толщина стенки трубы	3
Несущая способность анкера при длине закрепления в шпуре 1 м, кН	50—70
Диаметр опорного элемента «звезда», мм	Не более 200
Число «лучей» в опорном элементе	4—7
Грузонесущая способность опорного элемента, кН	Более 45
Несущая способность опорного элемента в набрызгбетоне, кН	Более 100
Время установки одного анкера, включая операции по зарядке, мин	Не более 4

Масса взрывчатой сердцевинки 1 м и детонирующего шнура составляет для шнуров марки ДША —  $12 \pm 0,5$ , ДШ—Б = 12,5, ДШ—Б =  $12,5 \pm 0,5$ , ДШ—В =  $14 \pm 0,5$  г. Для инициирования детонирующего шнура используют капсули-детонаторы (КД) или электродетонаторы (ЭД).

Для обеспечения качественной установки анкеров соотношение параметров стержня, скважины и заряда следует принимать в соответствии с их типоразмерами (табл. 3.2).

Скважины диаметром 43 мм под взрывораспорные анкера в условиях рудников Горной Шории, ведущих работы на глубине 500—700 м, в породах с коэффициентом крепости по шкале проф. М. М. Прото-

Таблица 3.2

## Типоразмеры взрывораспорных анкеров

Типоразмер комплекта анкера	Наружный диаметр трубы, мм	Диаметр скважины, мм	Количество ДШ на 1 м трубы, м	Толщина стенки трубы, мм
1	30—31	37	1,0	2,5—3,0
2	32—33	39	1,0	2,5—3,0
3	34—35	41	1,5	2,5—4,0
4	36—37	43	2,0	2,5—4,5
5	38—39	45	2,0	2,5—4,5

дыконова  $f = 14 \div 16$  производят телескопными перфораторами с использованием долотчато-пластинчатых коронок типа КПД-43.

В сложных горно-геологических условиях при интенсивном заколообразовании зарекомендовала себя схема установки анкеров, при которой крепление призабойной части выработки осуществляют в цикле буровзрывных работ в забое, т. е. за один прием взрывания производится крепление призабойной части выработки и отбойка породы по уходу. Число одновременно устанавливаемых анкеров принимается в зависимости от обнаженной кровли выработки и в соответствии с данными рудника «Шерегеш» ПО «Сибруда» колеблется от 9 до 100 анкеров.

Перед сборкой взрывораспорных анкеров производится правка торцов труб путем использования металлического конуса, по которому наносятся удары молотком. Для ввода внутрь труб уплотнительных пробок из дерева используется толкатель, который пригоден для труб с внутренним диаметром 26—34 мм.

Для изготовления конических деревянных пробок из дерева применяется комбинированная фреза конструкции ВостНИГРИ, вставленная своим хвостовиком в патрон сверлильного станка. Уплотнения изготавливаются из деревянных пластин толщиной 25 мм. За одну минуту изготавливают 15—20 пробок. Для строгого фиксированного изгиба ножей в корпусе фрезы предусмотрены ослабляющие отверстия.

Для одновременного изготовления пробки и просверливания в ней центрального отверстия под детонирующий шнур внутри корпуса фрезы закрепляется болтом сверло.

Взрывораспорные анкера обычно изготавливают из мерных труб, поставляемых с заводов стоимостью 0,4—0,93 руб. за 1 м.

Детонирующий шнур поставляют на рудник стоимостью 0,1 руб. за 1 м. Стоимость изготовления двух уплотнительных пробок составляет 0,15 руб.

По данным треста «Таштаголшахторудострой» стоимость изготовления взрывораспорных анкеров длиной 1,6 м с учетом всех расходов в зависимости от разновидности труб составляет 1,05—1,89 руб. и длиной 1,8 м — 1,15—2,1 руб. При этом учитывается, что длина детонирующего шнура на 1 м превышает длину анкера, так как последний укладывается вдвое в замковой части.

### 3.3. Деревянные анкеры

Деревянная анкерная крепь является самым экономичным видом крепи горных выработок. Применяется она на ряде шахт Кузбасса, но наибольшее распространение получила в Прокопьевско-Киселевском районе, где ежегодный объем крепления достигает 10—15 км выработок. Малые объемы ее применения обусловлены незначительной несущей способностью крепи существующих конструкций. В связи с этим она используется главным образом в выработках малого сечения и срока службы (сбойки, ходовые печи), а также для крепления боков горизонтальных выработок, проводимых по пологим или слабонаклонным пластам. В отдельных случаях ее применяют также для предотвращения отжима угля в очистном забое.

Между тем, присущие деревянной анкерной крепи достоинства такие, как простота конструкции, невысокая стоимость, технологичность изготовления, невысокая сопротивляемость усилиям среза, выдвигают ее в число наиболее перспективных, особенно для упрочнения угля вокруг выработок, погашаемых очистными работами при щитовой и слоевой системах разработки. Установленные в угольном массиве деревянные анкеры не создают помех для беспрепятственной выемки угля буровзрывным и механизированным способом.

Для дальнейшего расширения области применения деревянной анкерной крепи и совершенствования способов крепления подготовительных и очистных выработок КузНИУИ разработан ряд конструкций анкеров, несущая способность которых увеличена за счет использования прессованной древесины, искусственных смол, металлических клиньев и армировки отдельных частей стержня, а также за счет установки анкеров в расширенных на конус скважинах.

Исследования, проведенные КузНИУИ, показали, что при установке в цилиндрических скважинах диаметром 43 мм клинощелевых анкеров (поз. 1, 2), изготовленных из березы, лиственницы, сосны, кедра, ели, пихты, несущая их способность составляет всего от 2 до 12 кН (область их ограничена кривыми 1 и 2) (рис. 3.3), а при закреплении их химическим составом на основе смолы СФЖ-3032 (ФРА) она возрастает в зависимости от разновидности древесины до 33—50 кН (область ограничена кривыми 3, 4).

При разбуривании донной части скважины на конус с основанием 60 мм специальным разбурником несущая способность деревянных анкеров с конусообразным металлическим клином достигает для березы 69, для лиственницы 58, сосны 49, для кедра 40,5 кН (см. рис. 3.3, область ограничена кривыми 5, 6).

Расширение донной части скважины разбурником, приведенным на рис. 3.4, а, осуществляется при вращении буровой штанги 5 и нажатии выступа 4 на дно скважины. При этом пластины 1 и 2 постепенно поворачиваются вокруг шарнира 3, обеспечивая разбуривание донной части скважины на конус. Разбурник, приведенный на рис. 3.4, б, состоит из плоского резца, армированного пластиной твердого сплава,

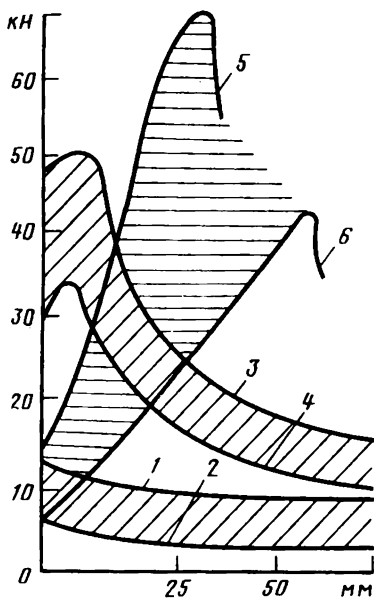


Рис. 3.3. График определения несущей способности деревянных анкеров в координатах «нагрузка — скольжение»

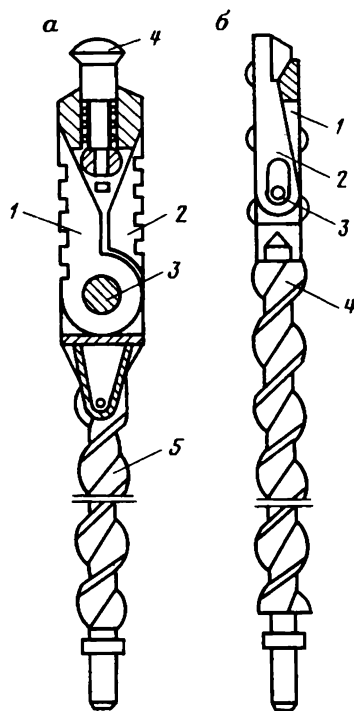


Рис. 3.4. Конструкции расширителей донной части скважины:  
а — с двумя армированными пластинами; б — с одной армированной пластиной

резцедержателя 2 с копирным устройством и оси 3. При вращении буровой штанги 4 резцедержатель перемещается к устью скважины и своим копирным устройством отклоняет на определенный угол плоский резец, за счет чего и происходит разбуривание донной части скважины на конус.

Деревянная анкерная крепь из натуральной и прессованной древесины устанавливается в скважинах диаметром 40—43 мм и состоит из трех основных частей: замка с механическим или химическим закреплением, стержня и опорных элементов.

Замковая часть анкера с механическим закреплением включает торцевой участок круглого стержня с прорезанной щелью длиной 250—300 мм, в которую при возведении крепи вставляется клин из твердых пород древесины или металла (рис. 3.5).

Замковая часть стержня древополимерного анкера имеет прямоугольное сечение, по контуру которого иногда устраиваются поперечные канавки, заполняемые при возведении крепи быстротвердеющим составом. В этом случае по сравнению с гладкими стержнями



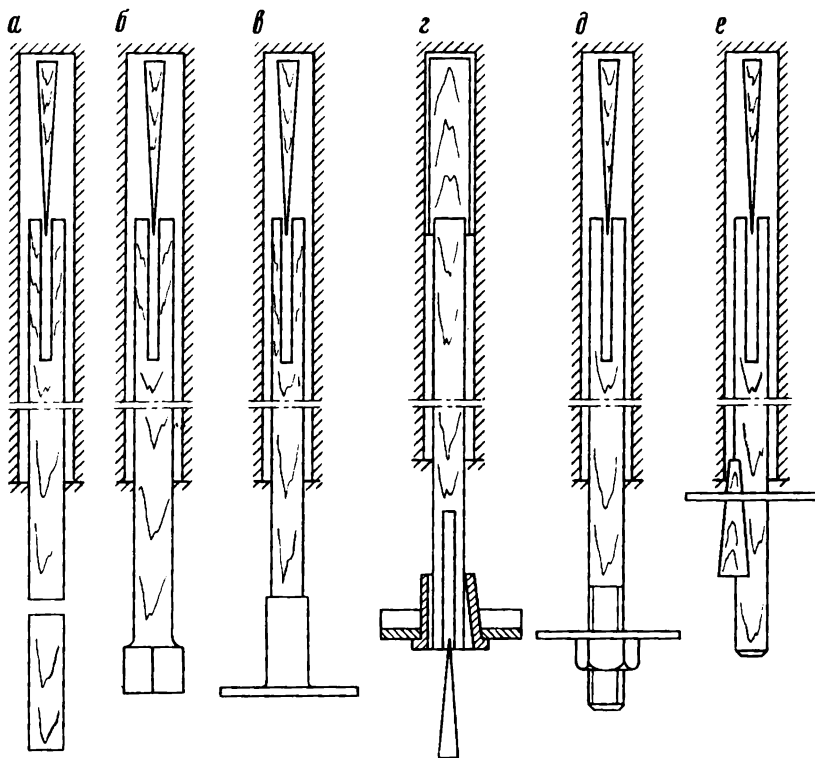


Рис. 3.5. Конструкции деревянных клинощелевых анкеров с опорными элементами в виде:

*а* — деревянного клина; *б* — квадратной головки; *в* — запрессованной втулки с пластиной; *г* — конусной втулки с деревянным клином; *д* — запрессованной муфты с резьбой, шайбой и гайкой; *е* — шайбы с металлическим клином

без поперечных канавок прочность закрепления стержней в скважинах повышается на 3—7 %.

Разрушение ампул и перемешивание компонентов быстротвердеющего состава (смолы, отвердителя и ускорителя) осуществляется главным образом заостренной частью стержня, имеющей форму клина.

Стержни анкеров диаметром 38—40 мм изготовляют в столярных мастерских из натуральной и прессованной древесины — березы, лиственницы, сосны, ели, пихты и др. — шести типоразмеров, длиной от 0,5 до 2 м.

Конец стержня, выступающего в выработку, имеет шель, в которую вставляется деревянный клин, или выполняется в виде утолщения прямоугольного сечения. Для повышения сопротивляемости стержня усилям среза его армируют стальными элементами: втулками с наружной метрической резьбой или втулками с приваренной пластинкой.

Насаживание втулки на конец стержня, наружный диаметр которого должен быть на 2—3 мм больше внутреннего диаметра втулки, осуществляется ударами или вдавливанием при помощи пресса. Усилие запрессовки или сцепление втулки длиной 100—150 мм со стержнем составляет 12—15 кН. Для повышения усилия сцепления, например, в 2—3 раза необходимо увеличить длину втулки до 250 мм или произвести забивку с торца стержня металлического клина с размерами 70×35 мм. Втулки могут закрепляться на стержне эпоксидной смолой. В последнем случае конец стержня, на который надевается втулка, должен иметь диаметр на 1,5—2 мм меньше внутреннего диаметра втулки.

Опорными элементами деревянной анкерной крепи являются шайбы, пластины, металлическая сетка, деревянные подхваты, которые прижимаются к контуру выработки при установке анкера, а также путем забивки наружного клина или при затяжке гайки.

Деревянные анкеры следует изготавливать из качественной древесины, не имеющей косослоя, червоточин, трещин, гнили и сучков диаметром более 10 мм.

Техническая характеристика деревянных анкеров приведена в табл. 3.3.

Применение деревянных анкеров не допускается в зонах обводнения и геологических нарушений, представленных перемятыми, трещиноватыми углями и породами.

Для предотвращения отслаивания угля в очистном забое и крепления боков горизонтальных выработок на слабонаклонном падении и ходовых печей на крутом падении целесообразно применять наиболее

**Таблица 3.3**  
**Техническая характеристика деревянных анкеров**

Типоразмер	Длина, м <sup>3</sup>	Расход материала, м <sup>4</sup>	Масса,
<i>Стержни из натуральной древесины</i>			
СДН-0,5	0,5	0,00063	0,44—0,5
СДН-0,6	0,6	0,00075	0,52—0,6
СДН-0,8	0,8	0,00101	0,71—0,81
СДН-1,0	1,0	0,00196	0,88—1,01
СДН-1,2	1,2	0,00151	1,06—1,21
СДН-1,4	1,4	0,00175	1,22—1,40
<i>Стержни из прессованной древесины</i>			
СДП-1,0	1,0	0,00163	1,14—1,30
СДП-1,2	1,2	0,00196	1,37—1,57
СДП-1,4	1,4	0,00228	1,60—1,82
СДП-1,6	1,6	0,00260	1,82—2,08
СДП-1,8	1,8	0,00294	2,06—2,35
СДП-2,0	2,0	0,00326	2,28—2,60

Таблица 3.4

## Характеристика деревянных анкеров

Марка анкера		Разрывное усилие, кН	Усилие среза, кН	Стоимость анкера (руб.) длиной, м		
				0,5	0,8	1,4
АД-1	5—12	41—70	18—23	0,111	0,154	0,241
АД-2	5—11	41—70	18—23	0,106	0,150	0,236
АД-3	6—13	41—70	18—23	0,161	0,205	0,292
АД-4	5—11	41—70	18—23	0,195	0,239	0,326
АД-5	9,5—17	53—86	25—51	—	—	0,451
АД-6	9,5—17	53—86	26—54	—	—	0,402
АПД-1	35—42	41—70	18—23	0,771	0,815	0,902

дешевые деревянные анкеры АД-1 и АД-2, воспринимающие главным образом растягивающие усилия. Рациональной областью применения анкера АД-3 являются углеспускные печи и бункера при щитовой системе разработки.

Для каждого конкретного случая выбор наиболее рациональной конструкции крепи и схемы крепления определяется путем сопоставления величины и направления действующих сил с несущей способностью и стоимостью анкеров, представленных в табл. 3.4.

### 3.4. Железобетонные анкеры

Железобетонные анкеры в общем случае состоят из армирующего элемента, закрепленного в скважине песчано-цементным раствором, шайбы и гайки. В ряде конструкций наружный конец стержня отогнут под прямым углом, имеет утолщение или выполнен в виде петли. В качестве арматуры металлических анкеров используется сталь периодического профиля (рис. 3.6, а, л, м) гладкостенные стержни (рис. 3.6, б, д), металлические прутки диаметром 6—12 мм (рис. 3.6, в, г, е, и), металлические прутки с выступами (рис. 3.6, ж, з).

Железобетонные анкеры устанавливают инъекционным способом путем подачи раствора к забою скважины. Для отвода воздуха из скважины служит трубка 1 диаметром 2 мм, а удержание цементного раствора в скважине осуществляется с помощью манжет 2 из листовой стали толщиной 0,15—0,2 мм (рис. 3.6, к, л).

На рис. 3.6, м приведен анкер АКЦ конструкции ИГД им. А. А. Скопинского и НИИОГР, состоящий из стержня периодического профиля 3, уплотнительного резинового кольца 2, опорной плитки и гайки. Стержень с одной стороны имеет резьбу под гайку, а с другой — приваренный под углом пруток 4 для облегчения перемешивания закрепляющего состава, находящегося в ампуле 5. Ампула представляет собой полиэтиленовую оболочку с двумя отделениями.

В одно отделение ампулы помещают смесь из гранулированного доменного шлака и портландцемента, в другое — жидкое стекло. При

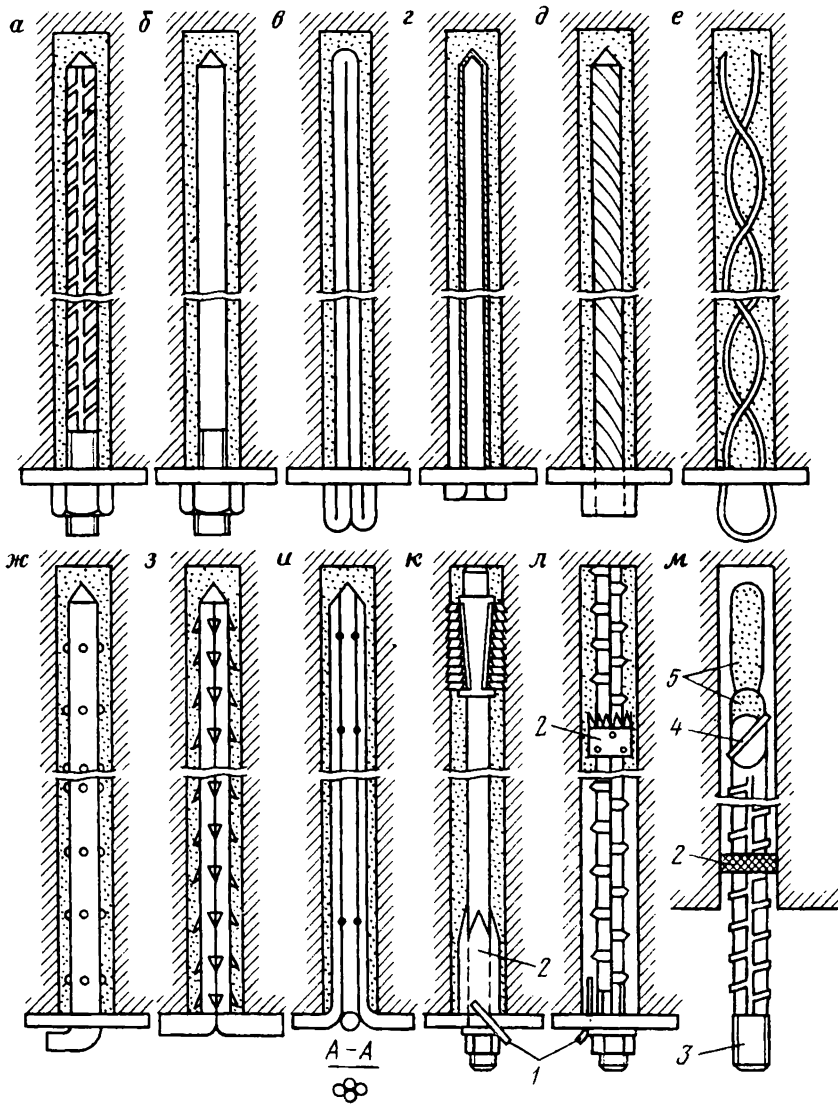


Рис. 3.6. Конструкции железобетонных анкеров

использовании фосфогипсового вяжущего одно из отделений ампулы заполняется водой.

Для борьбы с пучением почвы горных выработок КузНИУИ разработаны железобетонные анкеры повышенной несущей способности. Анкер, приведенный на рис. 3.7, а, состоит из стержня 1 с полостью 2 и

отверстиями 5, герметизатора 6, опорной плитки 7 и гайки 8. Складываемые пластины 3 имеют пружины 9.

Для установки такого анкера в породном массиве бурят скважину и разбуривают ее донную часть или взрывают камуфлетный заряд ВВ. Затем в скважину вводят анкер 1 со сложенными пластинами 3. При достижении донной части скважины пластины 3 замка автоматически поворачиваются на 90° с помощью пружины 9 и располагаются перпендикулярно оси анкера. Затем через полость 2, обратный клапан 4 и отверстия 5 подают в донную часть скважины скрепляющий раствор и заполняют им уширение. Герметизатор 6 препятствует выходу раствора из зоны замка. Затем производят предварительное натяжение стержня анкера путем завинчивания гайки 8.

При использовании для этих целей каната 9 расширение скважины

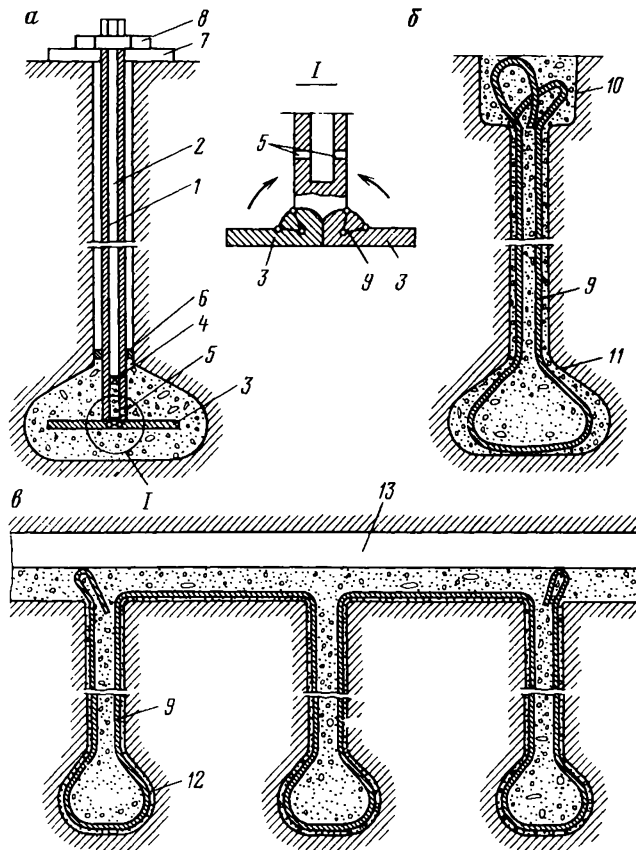


Рис. 3.7 Железобетонные анкеры в скважинах с расширенной донной частью

рекомендуется производить с обеих сторон 10 и 11 (рис. 3.7, б), а для облегчения поддирки почвы выработки в случае появления пучения в створе пробуренных скважин с разбуренной частью 12 рекомендуется проходить щель 13, например, с использованием врубовой машины с укороченным баром. Канат 9 в этом случае располагается во всех скважинах одного ряда по схеме, приведенной на рис. 3.7, в.

Основной недостаток железобетонной анкерной крепи состоит в том, что до схватывания цементной смеси анкер находится в неработоспособном состоянии. Это можно устранить, если в конструкцию анкера включить замок, способный первоначально удержать стержень анкера в скважине.

Железобетонный анкер такого типа (рис. 3.8, а) разработан в комбинате «Ачполиметалл» и состоит из стержня периодического профиля с эластичным каркасом 1 со стальными пластинками 2. Каркас может иметь дополнительный ряд пластин 3.

Вначале скважину заполняют раствором и в нее вводят анкер, на который предварительно насаживают запорную пробку со стороны устья скважины и каркас с пластинами. После установки анкера в скважине стержень своими выступами упирается во внутренние концы пластин, наружные концы которых упираются в стенки скважины, так что при движении стержня анкера в сторону выработки происходит его заклинивание. Опыты показали, что анкер с одной распорной пластиной обладает несущей способностью 10,5—25 кН сразу после установки.

Пластины толщиной 4 мм из марганцовистой стали марки 60С2 изготавливают в механическом цехе комбината «Ачполиметалл» в объеме 150 тыс. шт/год.

На том же руднике для повышения несущей способности железобетонной анкерной крепи предложено использовать деревянные пробки 4 с продольными прорезями 5, размещаемыми в донной части скважины [18] (рис. 3.8, б). После подачи цементного раствора в донную часть скважины при водоцементном соотношении 0,45 избыточная влага поглощается пробкой при одновременном ее разбухании, что приводит к прижатию слоя бетона к стенкам скважины.

Одновременно пробкой выдавливается влага из вяжущего материала с понижением водоцементного отношения до 0,18, что вполне достаточно для гидратации цементного раствора и надежного заклинивания пробки в донной части скважины. Затем скважина полностью заполняется цементным раствором с последующей забивкой в деревянную пробку арматурного стержня (рис. 3.8, в). Для первоначального закрепления деревянной пробки в донной части скважины КузНИУИ рекомендуется использовать пробку «ерш», через отверстия 6 которой пропущены отрезки стальной проволоки диаметром 1,5—2,5 мм длиной, обеспечивающих соприкосновение ее наружных концов, отогнутых под углом, со стенками скважины (рис. 3.8, г).

Железобетонные анкеры являются жесткой крепью, это в ряде случаев привело к обрушению заанкерванной кровли, особенно в зонах

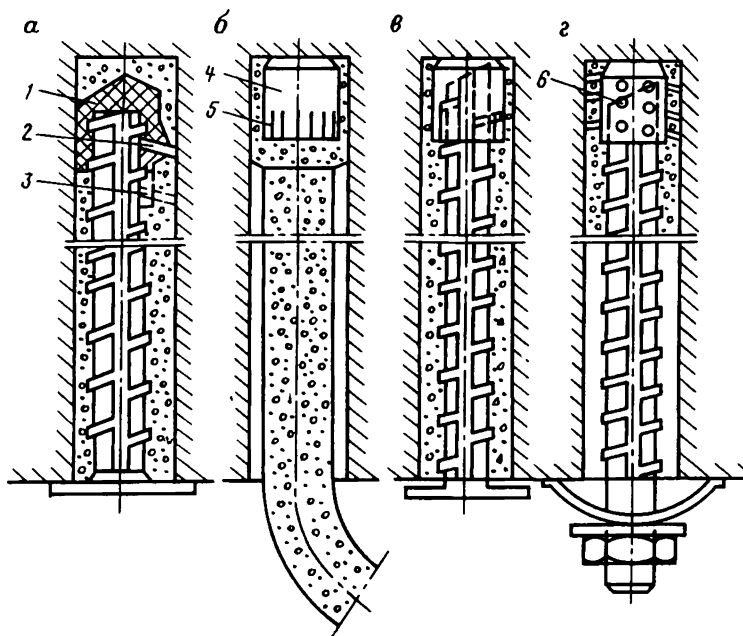


Рис. 3.8. Железобетонные анкеры с комбинированным закреплением

влияния очистных работ. Анализ несчастных случаев на шахтах США показал, что около 30 % их приходится при работе проходчиков на жесткой анкерной крепи [19]. Вывалы пород происходили в основном от значительной деформации самой заанкерванной кровли. Это привело к необходимости создания железобетонной анкерной крепи податливой конструкции, например, путем отгиба ее концов по разной форме (рис. 3.9, а, б, в). Установлено, что большее сопротивление сдвигению пород оказывают концы стержней анкеров, изогнутых по форме, приведенной на рис. 3.9, в.

Для крепления подземных долговременных сооружений больших размеров, а также удержания склонов горной местности от сползания вблизи от строительных объектов используются предварительно напряженные железобетонные анкеры глубокого заложения длиной 10—20 м и более. Сущность установки такой крепи заключается в том, что вначале закрепляют арматурный стержень в донной части скважины на участке длиной 3—4 м с последующим натяжением стержня специальными домкратами и подачей цементного раствора в оставшуюся часть скважины.

На рис. 3.10, а показан анкер конструкции ЦНИИС Минтрансстроя, состоящий из 48 высокопрочных проволок 1, диаметром 5 мм трубки 2 диаметром 13 мм для подачи цементного раствора в замковую часть анкера, герметизатора 3, направляющей головки 4, бетонной подушки

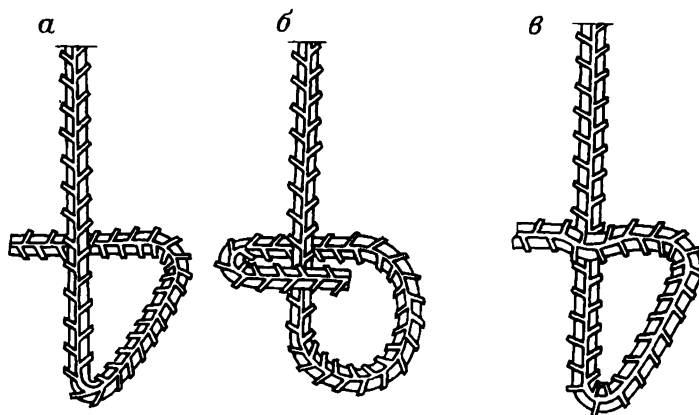


Рис. 3.9. Конструкции податливых опор железобетонных анкеров

со спиральной арматурой 5, опорной металлической плиты 6, гидроподушки 7, манометра 8 для фиксации давления масла в гидроподушке, распределительной металлической плиты 9. Предварительное натяжение в стержне анкера создается гидродомкратом 10 усилием до 1200 кН.

На рис. 3.10, б показан аналогичный анкер, состоящий из семи-проволочного каната диаметром 15 мм. Цементный раствор в замковую часть анкера подается по трубке 2. Для обеспечения расположения каната по центру скважины предусмотрены центраторы (фонари) 11. Для предварительного натяжения стержня анкера применен гидродомкрат Дарницкого завода Минтрансстроя с развивающим усилием до 1200 кН.

На рис. 3.10, в показан предварительно-напряженный анкер конструкции Оргэнергостроя, состоящий из наконечника 12, арматурной пряди 13 диаметром 15 мм, распорки 14 прядей, расположенной в замковой части, трубы 15 диаметром 25 мм, хомутов 16 для фиксирования прядей и трубы по центру скважины, нагнетательной трубы 17 диаметром 15—25 мм, опорной бетонной плиты 18, клиньев 19, направляющего конуса 20. Натяжение каждой пряди анкера осуществляется гидродомкратами последовательно до тех пор, пока суммарное натяжение их составит около 1600 кН. Нагнетание в скважины раствора и отвод воздуха производится через полиэтиленовые трубки диаметром 10 и 20 мм.

Скважины для установки анкеров бурятся диаметром 105 мм. Соотношение цемента к песку принимается равным 1:0,25 при В:Ц = 0,4—0,45. В качестве антикоррозионного покрытия металлических деталей служит краска ЭФАЖС, компаунд К-1 и др.

Оргэнергостроем разработаны предварительно-напряженные анкеры, пригодные для установки во всех грунтах, за исключением рыхлых песков, торфов, глин текущей консистенции, просадочных грунтов. При этом анкеры обеспечивают рабочую нагрузку в пределах 400—1400 кН. Для большей надежности рекомендуется заделку анкера осуществлять



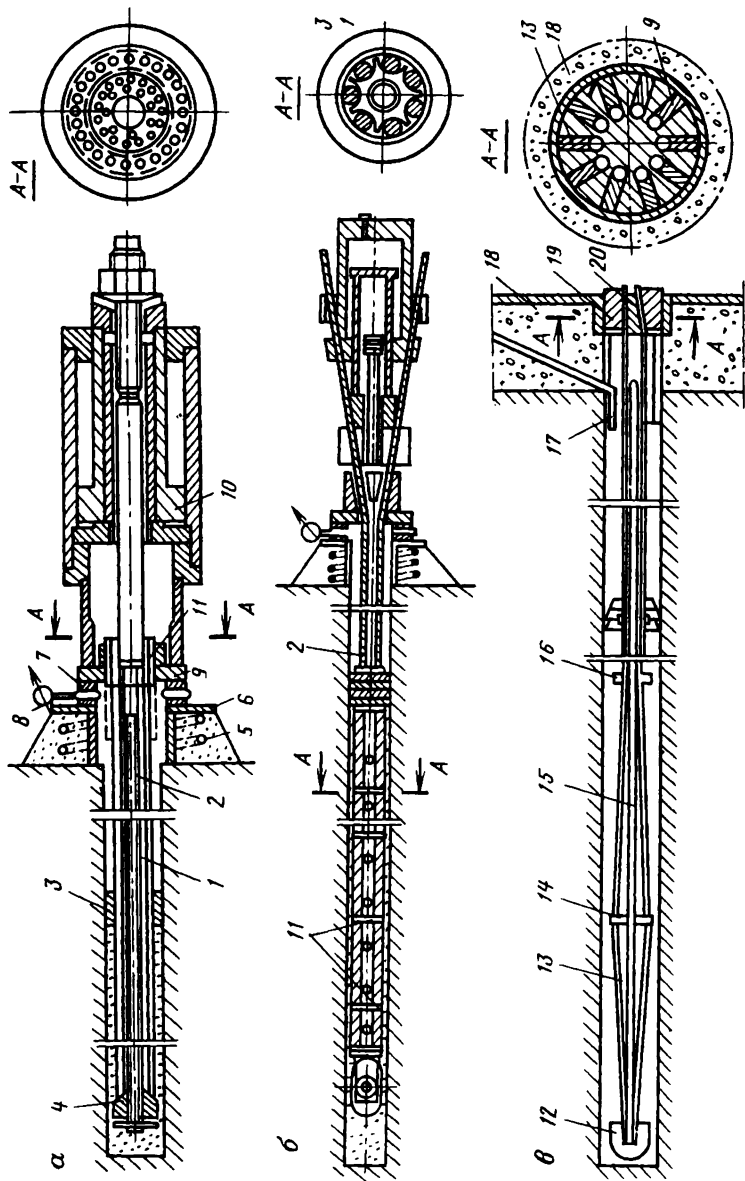


Рис. 3.10. Железобетонные анкеры с прутковой арматурой

за пределами призмы обрушения грунта на расстоянии не ближе 4 м от транспортного полотна. Заделка анкера в скважине осуществляется раствором портландцемента с пластифицирующими добавками. Применение пуццолановых и шлакопортландцементов не рекомендуется. В качестве пластифицирующих добавок используют бетонит (2 %), СДБ (0,2 %) и мылонафт (0,12—0,15 % от массы цемента). Водоцементное соотношение зависит от состояния грунта и равно 0,3—0,6. Передачу сжимающих усилий на заделку анкера обеспечивают устройством пяты при отсутствии соприкосновения стержня анкера с затвердевшим раствором по всей ее длине. Натяжение стержней анкеров производят через 3—5 сут при достижении цементным камнем предела прочности 20 МПа.

При длительном сроке службы предварительно напряженных анкеров применяют усиленную антикоррозионную их защиту путем металлизационного их покрытия алюминием толщиной 200 мкм с последующим заполнением скважины мастикой (ЭКН, герметик «Гидропроекта» или гидрофобный наполнитель ЛЗ-К1)

### 3.5. Армополимерные анкеры

Возросшие объемы строительства подземных сооружений в сложных геологических условиях потребовали разработки более технологичной и экономичной временной крепи, обеспечивающей безопасное ведение горно-проходческих работ. Исследования в этом направлении привели к созданию сталеполимерных анкеров. Этот вид анкерной крепи отличается от известных решений использованием для закрепления армирующего стержня в породе высокопрочных быстротвердеющих составов на основе смол органического и минерального происхождения. В практике, в основном, получили распространение составы на основе синтетических терморезистивных смол, таких, как эпоксидные, полиэфирные, мочевино-формальдегидные, полиуретановые и др.

*Сталеполимерные* анкеры способны практически мгновенно после установки вступать в активную работу с массивом и обеспечивать высокую несущую способность даже в трещиноватых весьма обводненных породах.

Устанавливать сталеполимерные анкеры возможно как широко известным инъекционным способом, так и сравнительно новым *патронированным* методом.

В первом случае сталеполимерные анкеры устанавливают аналогично железобетонным — в скважину (шпур) под избыточным давлением вводят связующий состав, а затем размещают в ней армирующий стержень.

*Патронированный метод* включает введение в скважину связующего состава в специальных двухкамерных ампулах (рис. 3.11, а, б) и вращение армирующего стержня при подаче в скважину для разрушения оболочек ампул и смешивания компонентов связующего состава. Этот метод устраняет мокрые процессы, связанные с приготовлением в забое

связующего состава и его нагнетанием в скважину, повышает надежность технологических процессов, сокращает почти вдвое трудозатраты на крепление.

Крепь из сталеполимерных анкеров, как показал многолетний опыт ее применения, особенно эффективна в слабоустойчивых породах (допустимое время обнажения породы не более 6 ч), трещиноватых и весьма обводненных и в случаях скоростного ведения горно-проходческих работ.

Явные преимущества сталеполимерных анкеров перед прочими конструкциями временной крепи обеспечили широкое их применение в подземной практике. Так, в США только на угольных шахтах ежегодно устанавливают свыше 20 млн сталеполимерных анкеров. Более 1,5 млн таких анкеров ежегодно устанавливают в ФРГ, Франции, Канаде, Японии и других странах. Известны положительные примеры применения сталеполимерных анкеров в Польше, Болгарии и ГДР.

С 1964 г этот вид анкерной крепи известен в СССР. За прошедшие годы крепь из сталеполимерных анкеров прошла испытания в различных горно-геологических условиях и получила промышленное применение на ряде предприятий.

Значительный опыт применения сталеполимерных анкеров накоплен на Дзержинском горно-металлургическом комбинате. Здесь сталеполимерные анкеры устанавливают в выработках различного сечения, в трещиноватых среднезернистых серых и красных песчаниках и алевролитах с коэффициентом крепости по Протоdjаконову от 6 до 10. Для закрепления анкеров в породе вначале использовали состав на основе фуранового мономера ФА, но в процессе работы выявились существенные недостатки такого состава, такие, как низкая прочность закрепления анкеров во влажных породах и высокая токсичность компонентов. Это потребовало изыскания новых связующих составов. Ориентируясь на опыт французской фирмы «Celtit», был разработан связующий состав на основе ненасыщенной полиэфирной смолы. Состав включает ненасыщенную полиэфирную смолу ПН-1 (или ПН-11), инициатор отвержде-

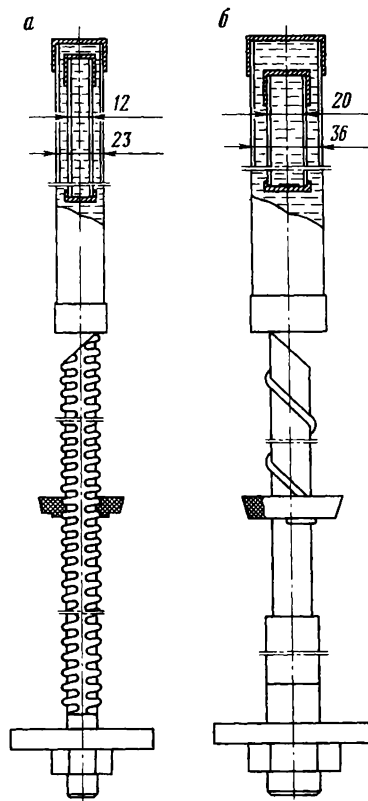


Рис. 3.11. Армополимерные анкеры: а — с металлическим стержнем периодического профиля; б — со стержнем из стекловолокна

ния пасту перекиси бензоила в дибутилфталате, ускоритель диметиланилин и минеральный наполнитель, в качестве которого применяют кварцевый песок. Результаты испытаний анкеров, закрепленных в породе новым составом, показали, что их несущая способность через 1 ч после установки составляет не менее 65 кН и увеличивается со временем. Через 1 сут анкера имеют несущую способность до 110 кН.

На комбинате организовано производство по изготовлению ампул с новым составом.

Большое внимание в Джезказгане уделяется вопросам механизации анкерного крепления горных выработок. Здесь разработан и прошел успешные производственные испытания новый агрегат АКП-8, предназначенный для механизированного возведения сталеполимерных анкеров. Внедрение агрегата АКП-8 позволило существенно повысить безопасность проходческих работ и в 1,5 раза повысить производительность труда на операциях, связанных с креплением подземных выработок. Общий экономический эффект от использования новой прогрессивной крепи из сталеполимерных анкеров на Джезказганском комбинате составил 46 тыс. руб.

Заслуживает внимания опыт применения сталеполимерных анкеров на шахтах Южно-Уральского бокситового рудника. На руднике для закрепления анкеров в породе используют состав на основе ненасыщенной полиэфирной смолы ПН-1, который включает, кроме смолы, инициатор отверждения — пасту перекиси бензоила в дибутилфталате, ускоритель — диметиланилин и наполнитель — песок или доломитовую крошку.

Указанным составом заполняют двухкамерные ампулы. Во внутреннюю камеру, представляющую собой стеклянную пробирку длиной 150—400 мм и диаметром 5—7 мм, заливают пасту перекиси бензоила в дибутилфталате, а внешняя камера, состоящая из двух слоев полиэтиленовой пленки толщиной 0,08—0,1 мм, заполняется смесью смолы, ускорителя и наполнителя. Наполненные оболочки герметизируют термическим способом и складывают.

Устанавливают сталеполимерные анкера с помощью ручных пневмосверл СГ-4, закрепленных на пневмоподдержках ПК-8. Процесс установки сталеполимерных анкеров сводится к следующему: в шпур вводят 3—4 ампулы, затем в нем размещают армирующий стержень диаметром 14—18 мм, который приводят во вращение с помощью пневмосверла. Вращение армирующего стержня в шпуре производят в течение 30—45 с. За это время оболочки ампул, помещенные в шпур, полностью разрушаются, а компоненты связующего состава смешиваются. Вытекание связующего состава из восходящих шпуров предотвращают специальные манжеты из резины или другого эластичного материала. Через 1—4 мин на контурном конце армирующего стержня размещают опорные элементы, а натяжение анкера производят уже через 15—30 мин после окончания его установки. По истечении 1 ч разрешается проведение взрывных работ.

Результаты испытаний сталеполимерных анкеров показали, что в породах, представленных плотными известняками с незначительными

прослойками кальцита и глинистых сланцев, их несущая способность в суточном возрасте составляет 60 кН.

С 1976 г по настоящее время ежегодно на руднике устанавливают от 15 до 20 тыс сталеполимерных анкеров.

Имеется опыт промышленного применения сталеполимерных анкеров на шахтах Северо-Уральского бокситового рудника. Здесь сталеполимерные анкеры устанавливают в битуминозных известняках с  $f = 6 \div 8$ . Для закрепления анкеров в породе используют состав на основе эпоксидной смолы. Состав включает (масс. частях):

Эпоксидную смолу ЭД-16 (ЭД-20)	100
Отвердитель — аминифенол АФ-2 или полиэтиленполиамин	8—15
Ускоритель — суммарно-сланцевые фенолы	20—30
Наполнитель — кварцевый песок	150—200

Состав размещают в двухкамерные полиэтиленовые ампулы.

Для изготовления ампул на руднике создана механизированная установка ПБА-2, производительность которой при работе двух операторов составляет 250 тыс. ампул в год.

Устанавливают сталеполимерные анкеры средствами малой механизации — перфораторами, ручными пневмосверлами. Несущая способность анкеров при длине закрепления 230—250 мм армирующего стержня диаметром 20 мм из стали класса А-II через 2 ч после установки составляет 80—90 кН, а через 24 ч превышает 120 кН.

Стоимость сталеполимерных анкеров, изготавливаемых на руднике, составляет 1,5—1,7 руб.

Около 10 лет применяют сталеполимерные анкеры на угольных шахтах Кузбасса. В специальном цехе изготавливают ампулы (рис. 3.12), содержащие состав на основе фенольно-резольной смолы. Связующий состав включает (массовая часть)

Фенольно-резольно-асбестовую смолу ФРА	100
Отвердитель — бензосульфокислоту или смесь бензосульфокислоты с ортофосфорной кислотой в соотношении 1,5 : 1	40
Наполнитель — кварцевый песок	250

Такой состав, как показали промышленные испытания, обеспечивает закрепление анкеров в породе с прочностью до 50 кН через 15 мин после их установки.

Для изготовления стержней армополимерных анкеров в ЦЭММ НПО Прокопьевскгидроуголь используют стеклопластик.

Полимерный анкер из стеклопластика (см. рис. 3.11, б) состоит из стержня, опорной плитки, гайки и стеклянной или полиэтиленовой ампулы с быстротвердеющим химическим составом. Стержень в замковой части имеет срез под углом 30° и армируется проволокой диаметром 3—4 мм, выполненной в виде спирали, с другой — втулкой с метрической резьбой. Проволока и втулка закрепляются на стержне эпоксидной смолой ЭД 16 или ЭД-20. Для предотвращения вытекания закрепляющего состава из скважин при установке анкеров на стержень надевается резиновая манжета.

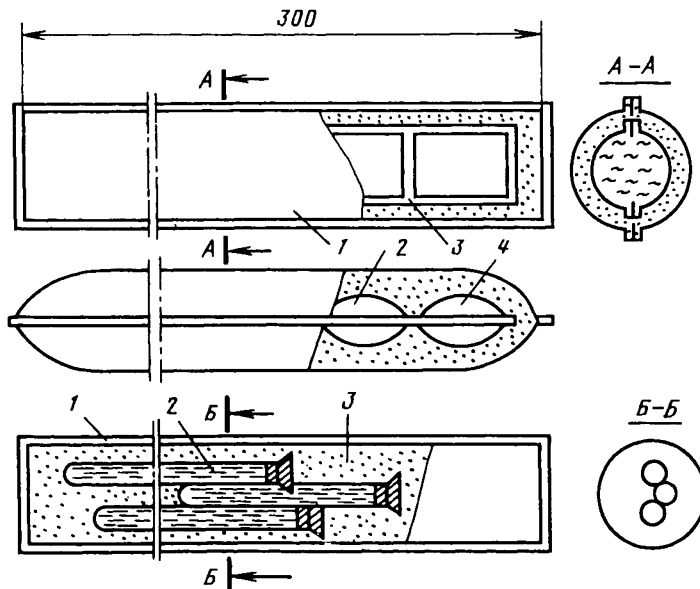


Рис. 3.12. Конструкции ампул с быстротвердеющими химическими составами

Полимерные анкеры изготавливают по цене 6,30 руб. при длине стержня 2 м.

Стержни из стеклопластика диаметром 20 мм имеют временное сопротивление на разрыв 170—190 кН, на срез 18—20 кН.

В Донбассе для закрепления анкеров в породе и угле разработан вспенивающийся полиуретановый состав. Массовая часть вещества в составе приведена ниже.

Сложного полиэфира П-509 (или Лапрола 503М)	100
Фосполиола	60
Триэтиламина	3
Триэтанолamina	20
Дибutilфталата	25
Кремний органического пенорегулятора КЭП-1	1
Воды	1,5
Полиизоцианата	170

При смешении компонентов состав отверждается в течение 30—90 мин, вспенивается (кратность вспенивания до 8 раз) и имеет прочность до 10 Па.

Для изготовления ампул с указанным составом организован цех производительностью до 5000 ампул ежедневно. Стоимость ампул, изготавливаемых в цехе, составляет 0,76 руб.

Сталеполимерные анкеры применяют практически на всех шахтах Донецкого бассейна в породах слабо и сильно трещиноватых, представ-

ленных глинистыми сланцами с  $f = 2 \div 3$  и песчано-глинистыми сланцами с прожилками угля или слюдяного материала и  $f = 3 \div 5$ .

С 1975 г. на шахтах Донецкого бассейна ежегодно устанавливается свыше 20 тыс. сталеполлимерных анкеров. Испытания этого вида временной крепи показали, что несущая способность анкеров, закрепленных в породе полиуретановым составом, составляет через 30—40 мин после установки не менее 100 кН при длине закрепления армирующего стержня диаметром 22 мм — 1 м.

В настоящее время сталеполлимерные анкера применяют на объектах Главтоннельмостростроя, Гидроспецстроя и на шахтах Норильского горно-металлургического комбината им. Н. В. Завенягина. Для этого впервые в отечественной практике разработаны связующие составы, позволяющие закреплять анкера в трещиноватых и весьма обводненных породах с  $f = 2$  и более, а также в вечномерзлых грунтах. Разработанные новые составы изготавливают на основе бесстирольных ненасыщенных полиэфирных смол и полиуретановых преполимеров и включают реакционно-способные поверхностно-активные вещества, обеспечивающие склеивание различных поверхностей даже под водой. Составы испытаны в различных горно-геологических условиях и обеспечивают прочность закрепления анкеров, устанавливаемых в водонасыщенных породах (приток воды из шпуров струями), уже через 15 мин после закрепления не ниже 90 кН. Прочность закрепления увеличивается со временем и через 24 ч после закрепления анкера в породе превышает разрывную прочность армирующего стержня, выполненного из стали класса А-III диаметром 28—30 мм. Составы не содержат летучих токсичных компонентов и допущены к применению в подземных условиях.

Годовые объемы применения анкерной крепи на рудниках черной и цветной металлургии составляют: Норильский ГМК 700 тыс. шт.;

**Таблица 3.4**

**Стоимость изготовления анкеров на рудниках черной и цветной металлургии**

Длина стержня, мм	Диаметр стержня, мм	Стоимость анкера, руб.			Место применения
		бетонного	армополимерного	металлического клинощелевого	
1500	18	2,20	1,60		СУБР
1600	14	1,34	1,50	2,59	ЮУБР
1600	18	2,40	2,70	2,80	Зодский
1600	20	2,65		—	Зодский
1800	16	1,70		1,00	Кривбассруда
1600	16	1,70	—	1,90	Печенганикель
1800	18	2,11	2,90	2,60	Урупский
1800	18	4,19	8,36	3,20	Комсомольский
1800	18	1,50	—	1,80	Садонский
1800	18	4,11	7,33	—	Тишинский
1800	18	2,02	—	2,40	Дегтярский
2000	18	2,30	6,44	1,80	Джезказганский
2500	18	2,60	8,23	2,10	Джезказганский

СУБР — 600 тыс. шт.; ПО Кривбасс — 500 тыс. шт.; Джезказганский ГМК — 400 тыс. шт.; ЮУБР — 100 тыс. шт.; Ленингорский политехнический комбинат — 300 тыс. шт.; Квайсинское рудоуправление — 80 тыс. шт.; Урупский ГОК — 40 тыс. шт.; ПО Армзолото — 30 тыс. шт. Кузнецкий металлургический комбинат — 15 тыс. шт. ПО «Печенганикель» — 20 тыс. шт.

На рудниках анкеры изготовляют в механических мастерских. Стоимость их изготовления приведена в табл. 3.4.

## 4. ОПОРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ОГРАЖДЕНИЯ ВЫРАБОТОК С АНКЕРНОЙ КРЕПЬЮ

### 4.1. Опорно-поддерживающие элементы

В зависимости от назначения концы стержней анкерной крепи, выступающие в выработку, имеют различное оформление. При креплении горных выработок анкерами с использованием опорных плит (шайб) и анкерных подхватов выступающие в выработку концы стержней анкеров имеют, как правило, резьбу (рис. 4.1, а) или квадратную головку (рис. 4.1, б). При креплении выработок комбинированной крепью с использованием набрызг-бетона концы стержней анкеров отгибаются под углом  $90^\circ$  в одну (рис. 4.1, в) или обе стороны (рис. 4.1, е).

Для подвешивания направляющих блочков каната используют кольцо, размещенное на подпружиненном стержне анкера, концы которого вводятся в скважину таким образом, чтобы расстояние между ними по вертикали уменьшалось в 2—3 раза, создавая необходимый предварительный распор (рис. 4.1, г), причем скважина располагается под углом к тяговому усилию каната. Для обеспечения работ, связанных с подъемом грузов, монтажом механизированных комплексов в монтаж-

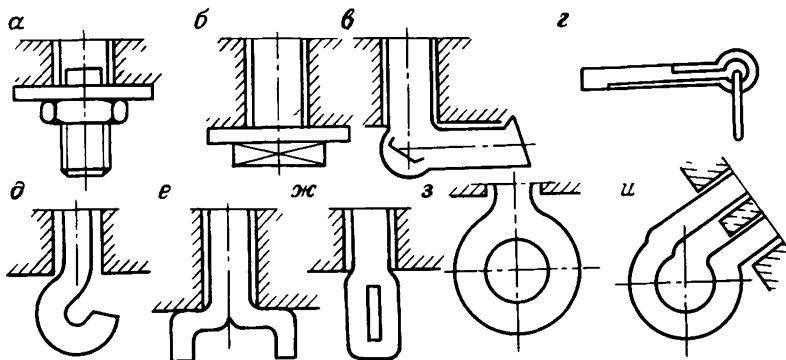


Рис. 4.1. Конструкции наружных концов стержней анкеров



ных камерах, для подвески силовых кабелей, различных трубопроводов и т. д., выступающие в выработку концы анкеров оформляются в виде крючьев (рис. 4.1, *д*) или утолщений с прорезью, предназначенной для поддержания подхвата посредством клина (рис. 4.1, *ж*).

Для поддержания круглых деревянных подхватов, устанавливаемых в кровлю выработок, на конце стержня анкера предусматривается кольцо (рис. 4.1, *з*), а при установке анкеров в боковые стенки выработок образуется петля, отогнутая под углом  $90^\circ$  к оси концов стержней, вставленных в скважины (рис. 4.1, *и*).

Опорные плитки для стержней анкерной крепи выполняются в виде плоских (рис. 4.2, *а*) уголковых (рис. 4.2, *б*) и сферических шайб (рис. 4.2, *в, д, е*). В последнем случае при завинчивании гаек анкеров сфера выпрямляется, что свидетельствует о создании достаточного предварительного натяжения в стержне анкера (20—40 кН). Та же функция может выполняться за счет дополнительной установки пружин 2 (шайб Гровера) между опорными плитками 1 и 3 на стержне анкера (рис. 4.2, *г*). При этом завинчивание гайки 4 производится до полного сжатия пружин 2. При необходимости закрепления гибкого конца, например, лент гибкого перекрытия сечением  $50 \times 3$  мм, используемых при комбинированной системе разработки в Кузбассе, может быть использован прием, приведенный на рис. 4.2, *ж*, заключающийся в том, что два рядом установленных армирующих стержня 5 имеют общие опоры, например из круглого стержня 6 диаметром 30—40 мм с отверстиями по концам, на один из которых в виде петли 7 закрепляется лента гибкого перекрытия.

Установлено, что при  $f = 8$  и более опорные элементы при анкерной

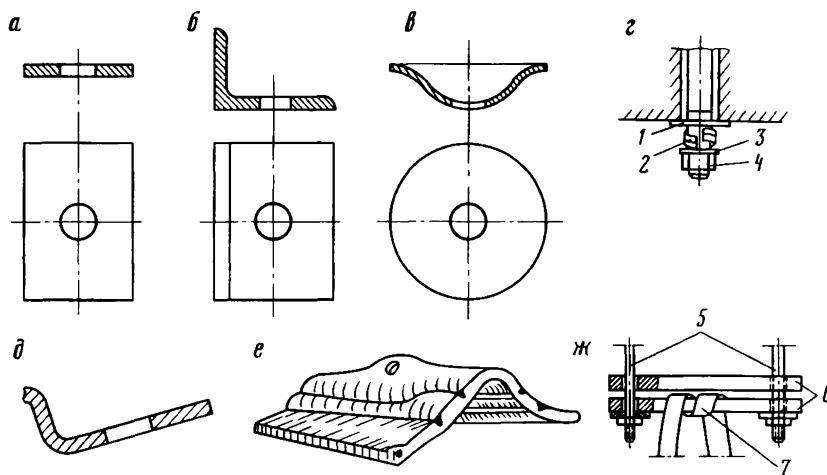


Рис. 4.2. Конструкции опорных элементов анкерной крепи

крепии могут устанавливаться без анкерных подхватов. В этом случае перетяжку кровли производить не требуется.

При  $f = 4 \div 8$  рекомендуется частичная перетяжка кровли, а ниже 4 полная.

## 4.2. Анкерные подхваты

Подхваты для анкерной крепи могут быть деревянными, металлическими и полимерными, по своей конфигурации плоскими и арочной формы.

Деревянные подхваты имеют малый срок службы и значительную толщину (100—200 мм), что требует применения более длинных анкеров, увеличивает трудозатраты на просверливание отверстий под анкеры, вызывает релаксацию напряжений на контакте с опорной плиткой, снижает предварительное натяжение в стержне анкера во времени. Металлические подхваты из различных профилей металла обладают высокой несущей способностью и могут использоваться повторно.

На рис. 4.3 приведены конструкции плоских подхватов, устанавливаемых поперек горных выработок.

Плоский подхват сечением  $6 \times 90$  или  $5 \times 100$  мм изготавливают из стали марки Ст. 3 четырех типоразмеров со средним отверстием диаметром 22 мм (рис. 4.3, а, б, в, г). Для установки одного подхвата вначале бурят скважину и устанавливают средний анкер, а затем через крайние отверстия в подхвате диаметром 45 мм бурят дополнительные скважины и устанавливают анкеры. Типоразмер и масса подхватов приведены в табл. 4.1.

Анкерные подхваты из швеллеров № 10 и № 12 изготавливают четырех типоразмеров, характеристика которых приведена в табл. 4.2.

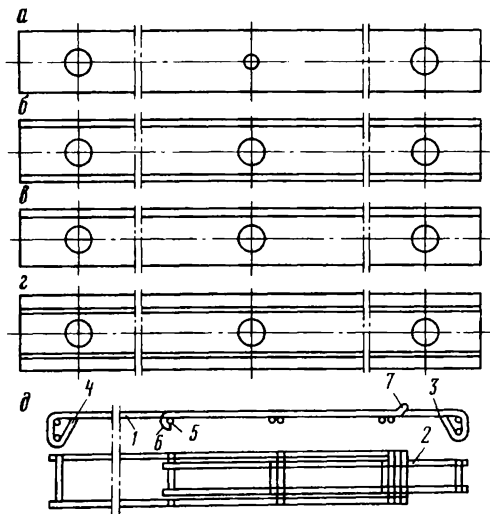


Рис. 4.3. Конструкции плоских анкерных подхватов:

а — из полосы; б — из швеллера; в — из уголка; г — из спецпрофиля; д — сварных прутков

Таблица 4.1

## Техническая характеристика полосовых подхватов

Типоразмер	Длина подхвата $l$ , мм	Расстояние между центрами отверстий $l_2$ , мм	Расстояние от центра отверстий до края подхвата $l_1$ , мм	Масса (кг) профиля	
				А (6×90)	Б (5×100)
П1	1,4	1200	100	5,75	5,42
П2	2,0	900	100	8,00	7,74
П3	2,4	1100	100	9,62	9,34
П4	2,7	1250	100	10,83	10,56

Таблица 4.2

## Техническая характеристика швеллерных подхватов

Типоразмер	Длина подхвата $l$ , мм	Расстояние между центрами отверстий $l_2$ , мм	Расстояние от центра отверстий до края подхвата, мм	Масса (кг) профиля	
				№ 10	№ 12
Ш1	2000	850	150	17,07	20,67
Ш2	2500	1100	150	21,33	25,83
Ш3	3000	1350	150	25,59	31,00
Ш4	3500	1066	150	29,85	36,17

Для изготовления анкерных подхватов также используют и неравнобокий уголок 9×5,6 и 10×6,3 мм длиной 2—3 м (табл. 4.3).

Таблица 4.3

## Техническая характеристика уголковых подхватов

Типоразмер	Длина подхвата $l$ , мм	Расстояние между центрами отверстий $l_2$ , мм	Расстояние от центра отверстий до края подхвата $l_1$ , мм	Масса (кг) профиля	
				А (9/5,6)	Б (10/6,3)
У1	2000	900	100	12,19	14,90
У2	2400	1100	100	14,65	17,94
У3	2700	1250	100	16,52	20,23
У4	3000	1400	100	18,36	27,53

На практике применяют иногда анкерные подхваты из спецпрофилей СВП-14 и СВП-17

В выработках с изменяющейся шириной и на сопряжениях выработок используются разъемные самонапряженные анкерные подхваты из сварных прутков диаметром 12—14 мм (рис. 4.3, д).

Подхват состоит из двух частей 1 и 2, имеющих расположенные относительно друг друга параллельные и поперечные прутки с крайними опорными элементами 3 и 4, выполненными путем отгиба прутков по концам под углом 90° и 30° с последующей приваркой их торцов к телу стержня, ребер 5 жесткости, соединительного крюкообразного

захвата 6, образованного путем отгиба концов стержней одной части подхвата, расположенной внутри второй части подхвата, имеющей на одном конце фиксатор 7

Левая и правая часть подхвата отличаются по ширине на величину двух диаметров прутковой стали. При их соединении одна часть подхвата располагается внутри другой, способствуя значительному увеличению надежности конструкции.

Фиксатор 7 обеспечивает надежную работу подхвата, полностью предотвращая возможность самопроизвольного разъединения частей под нагрузкой, действующей со стороны кровли выработки.

Подхват устанавливается следующим образом. При помощи захвата 6 он цепляется за одно из ребер жесткости с тем, чтобы расстояние между опорными элементами соответствовало расстоянию между концами стержней боковых анкеров. Половина подхвата поворачивается с использованием захвата 6 вокруг ребра жесткости 5 до тех пор, пока обе части подхвата будут расположены в одной плоскости, а ребра жесткости будут заходить друг за друга. При этом фиксатор 7 предотвращает самопроизвольное разъединение подхвата. После этого подхват своими опорными элементами 4 заводится за выступающие из скважин концы анкера, надеваются опорные плитки и производится завинчивание гаек с натяжением 30—40 кН. При этом одновременно создается предварительное натяжение и в самих подхватах.

На Прокопьевском механическом заводе изготавливают криволинейные полуподхваты ОП-522 для крепления анкерами выработок арочной формы площадью поперечного сечения 7—9 м<sup>2</sup>, пройденных по пластам угля.

Полуподхваты 1 и 2 изготавливают из швеллера № 10 или № 12 и имеют пять отверстий для установки анкеров, причем к полуподхвату 1 приваривают пластину 3 с отверстием под анкер, которое при установке крепи совпадает с крайним отверстием полуподхвата (рис. 4.4, а). Центральный анкер пропускается через соосно расположенные отверстия двух полуподхватов, образуя единую конструкцию. Масса двух полуподхватов для одного комплекта крепи из швеллера № 10 составляет 35,3 кг, из швеллера № 12—42,9 кг. Стоимость изготовления одного комплекта 7,48 руб.

При изготовлении полуподхватов угол  $\alpha$  принимается равным 105° а радиус  $r$  1440 мм.

При креплении горных выработок арочной формы также используются арочные подхваты, изготавливаемые из спецпрофиля СВП-17 и имеющие три отверстия диаметром 45 мм для установки анкеров (рис. 4.4, б). В зависимости от типоразмера подхвата угол  $\alpha$  составляет 104—126°, радиус  $r$  — 1520—2520 мм, высота подъема арки  $h$  620—1410 мм, ширина арки  $L$  2410—4500 мм.

За последнее время все большее распространение получают гибкие анкерные подхваты, используемые при креплении подготовительных и очистных выработок. Так, для крепления восстающих выработок, проводимых по неустойчивым горным породам, можно использовать

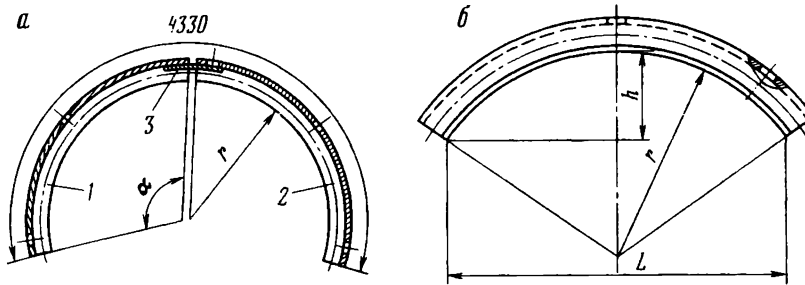


Рис. 4.4. Конструкция арочных подхватов анкерной крепи:

а — из швеллера; б — из спецпрофиля

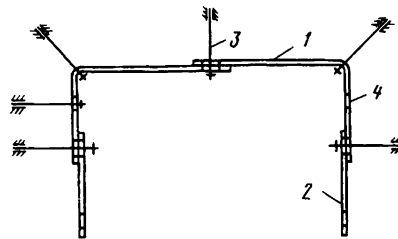


Рис. 4.5. Составной анкерный подхват из полосовой стали

составные анкерные полуподхваты из полосовой стали, позволяющие обеспечить полную перетяжку кровли и боков выработки затяжками (рис. 4.5) [4]

Анкерная крепь в этом случае состоит из двух основных полуподхватов 1, двух боковых 2 и анкеров 3. Основные 1 и боковые 2 полуподхваты выполнены с отверстиями 4 под анкеры 3. При этом с боковых сторон в каждом основном полуподхвате 1 отверстия 4 под анкеры располагаются на небольшом расстоянии. Боковые полуподхваты 2 крепят к основным посредством их наложения одного на другой и скрепления с анкерами 3.

Основные полуподхваты 1 устанавливают в потолочине (кровля выработки на всю ее ширину) и отгибаются на боковые стенки, на которых сочленяются с боковыми полуподхватами.

Для крепления подготовительных выработок в ряде случаев применяют продольные подхваты из полосовой стали, устанавливаемые в три—шесть рядов по ширине выработки [5]. Они используются в сочетании с решетчатой сварной затяжкой, укладываемой поперек горной выработки. На такой вид крепи полностью переведена шахта «Абашевская» ПО «Южжубассуголь», где ежегодно проходят 16—19 км горных выработок.

Для отработки мощных крутых пластов полосами по восстанию с полной гидравлической закладкой выработанного пространства пригоден анкерный подхват с прорезями (рис. 4.6, а). Такая конструкция подхвата позволяет использовать их повторно по мере выемки угля.

Подхват для анкерной крепи выполнен из металлической полосы 1,

имеющей отверстие 2 в верхней части для соединения полосы с верхним 3 (рис. 4.6, б) и прорезей 4, 5, 6.

Анкерная крепь, включающая подхваты 1 и верхняк 3, устанавливается в призабойном пространстве в следующей последовательности.

С помощью, например, подъемного крана верхняк 3 вместе с подхватами 1 извлекается из закладочного массива нижележащей полосы и устанавливается в исходном положении в следующей полосе. При этом верхняк распирается между кровлей и почвой слоя, а подхват 1 временно удерживается укосиной. Затем через прорезь 4 бурят скважину и устанавливают анкер 7, после чего бурят скважины через боковые прорези 5 и 6 и устанавливают анкеры 8 и 9. Анкер 10 устанавливают после установки анкера 7 или после установки всех анкеров со стороны кровли полосы.

Перспективным является использование в качестве анкерных подхватов стального каната, в том числе бывшего в употреблении.

На рис. 4.7 показаны три возможных варианта использования каната в качестве подхвата анкерной крепи.

Верхняк для анкерной крепи, приведенный на рис. 4.7, а, состоит из гибкого элемента 1 с петлями 2 на концах и опорного фиксатора 3 под наклонные анкеры 4 с натяжными гайками 5 (фиксатор 3 выполнен из отрезка трубы и снабжен ограничителем 6 поворота, выполненным в виде охватывающего трубу наклонного выступа, показанного на рис. 4.7, б).

Верхняк устанавливают следующим образом.

Пробуривают под углом к кровле скважины на расстоянии один от другого равном длине гибкого элемента 1 между петлями 2. Затем в последние вставляют фиксаторы 3 и надевают их на выступающие в выработку концы анкеров, после чего навинчивают натяжные гайки 5. При этом фиксаторы 3 перемещаются по анкерам 4, натягивая гибкий элемент 1 и прижимая его к кровле.

В результате натяжения гибкого элемента 1 возникают сжимающие напряжения в породах кровли, повышающие ее устойчивость.

Канатный верхняк, приведенный на рис. 4.7, в, состоит из каната 7 с петлями по концам, угловых опор 8 и фиксаторов 9, обеспечивающих горизонтальное положение каната при завинчивании гаек боковых анкеров 10 и 11. При этом гайки перемещают опорные плитки 12, обеспечивая предварительное натяжение каната. Для придания большей надежности крепи устанавливается средний анкер 13.

Для крепления выработок арочной формы по опыту шахт Североуральского бокситового рудника (СУБР) также может быть использована канатно-анкерная крепь, состоящая из анкеров 14, стального каната 15 с петлями 16. Для подвески каната используют уголки 17 (рис. 4.7, г) [23]

Перетяжка кровли осуществляется посредством решетчатой затяжки 18.

При слабоустойчивых породах боковых стенок выработок, особенно при проведении их на полную мощность пласта на крутом падении

Рис. 4.6. Конструкция извлекаемого подхвата (а) и схема его установки в очистном забое при отработке мощных крутых пластов с закладкой выработанного пространства (б)

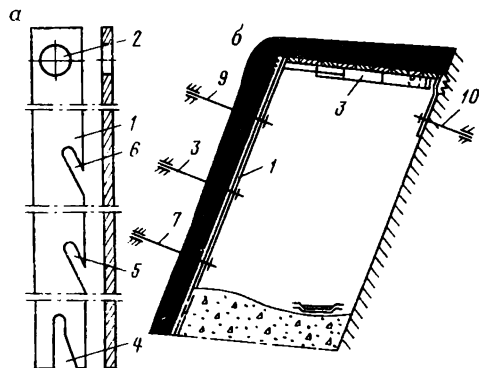
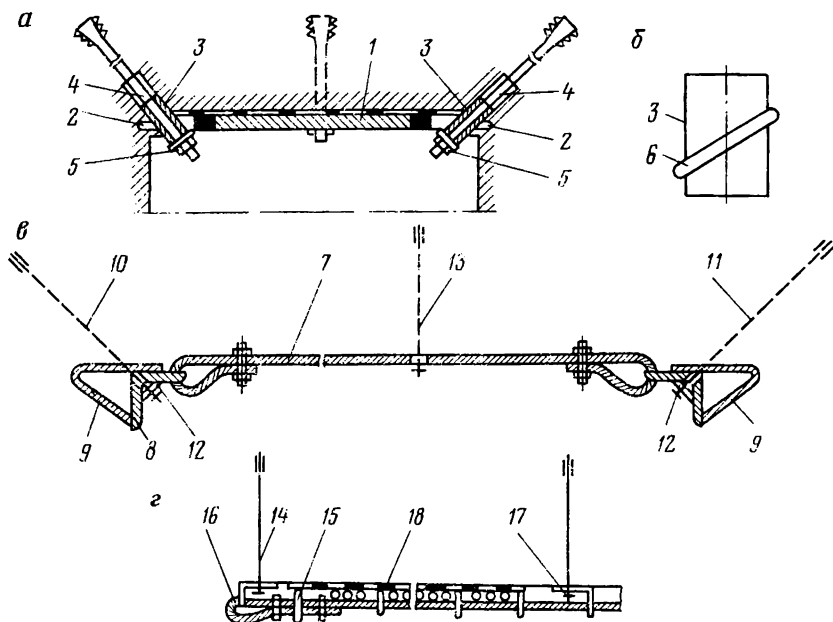


Рис. 4.7. Конструкции канатных подхватов анкерной крепи



(рис. 4.8) предварительное натяжение в канатном подхвате 1 может быть обеспечено путем соответствующей последовательности установки анкеров. При этом по концам анкеров закрепляются специальные наконечники 2 с отверстиями 3. Канатный подхват принимается длиной на 150—200 мм меньше периметра поддерживаемых обнаженных пород. Вначале в заранее пробуренных в боковых породах сваях устанавливаются анкеры 4 и 5, а затем угловые анкеры 7—10 с сферическими опорными элементами 11 и 12. При завинчивании гаек анкеров 7—10 опорные элементы 11—12 перемещаются по длине стержня анкеров и создают предварительное натяжение в канате. Последней операцией

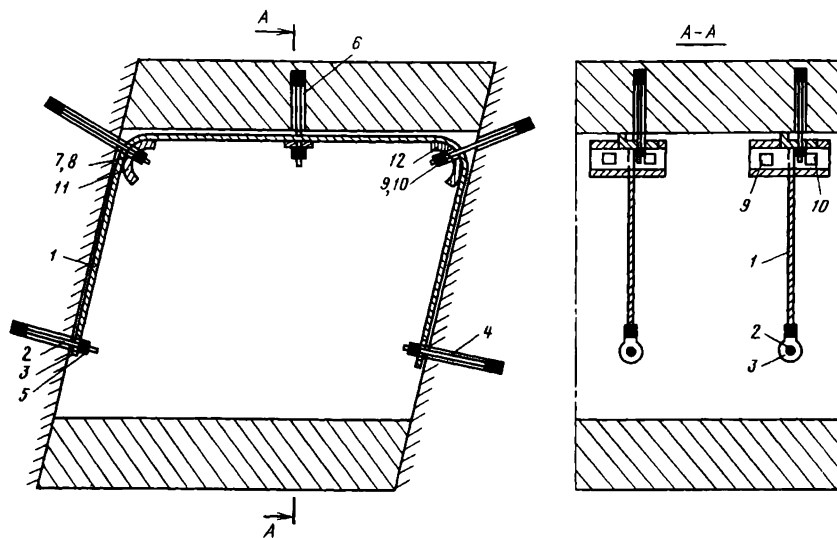


Рис. 4.8. Схема установки канатного подхвата в выработках с неустойчивыми породами

является установка в скважине среднего анкера 6, стержень которого проходит через соответствующее отверстие в канате. Поверхность выработки перетягивается затяжками в тот момент, когда установлены анкеры 4 и 5, и угловые анкеры 7—10 до окончательного завинчивания их гаек.

### 4.3. Ограждения

Ограждение выработок между анкерными подхватами осуществляется путем применения деревянных, полимерных [1], сетчатых, решетчатых и стеклотканевых затяжек. В отдельных случаях перетяжка боковых пород осуществляется железобетонными затяжками, а также листовой сталью, например, из бывших в употреблении рештаков конвейерных ставов.

Первыми заменителями леса для ограждения горных выработок были металлическая сетка из проволоки диаметром 1,5—2 мм с размером ячейки 20×20 мм и рулонный стеклопластик, представляющий собой стеклотканевый материал, пропитанный связующими веществами, например бакелитовым лаком. Стеклотканевый материал, жгутовый или вязально-прошивной, характеризуется данными, приведенными в табл. 4.4.

Однако вследствие провисания стеклоткани и обычной сетки между анкерными подхватами под действием горного давления, они постепенно вытесняются крупногабаритными решетчатыми затяжками, наиболее



Таблица 4.4

## Техническая характеристика стеклотканевых ограждений

Стеклоткань	Марка	Ширина, мм	Толщина, мм	Масса 1 м <sup>2</sup> , г	Разрывная нагрузка на полосу 25×100 мм, кН
Жгутовая	ТЖС-0,7	800 ± 20 1000 ± 50	0,7 ± 0,1	800 900	2,5
Вязально-прошивная	РПР-10 ВПРС-10	1000 ± 1	0,85 ± 0,1	920	2,0

типичные конструкции которых приведены на рис. 4.9, а, в том числе армостеклопластиковая затяжка, состоящая из двух сварных решеток с расположенной между ними стеклотканью (рис. 4.9, б).

Сварная решетчатая затяжка с прямоугольными ячейками (рис. 4.9, а) выпускается трех типоразмеров со следующей технической характеристикой (табл. 4.5)

Таблица 4.5

## Техническая характеристика затяжек

Показатели	ЗР1	ЗР2	ЗР3
Диаметр прутков, мм	4—6		
Размеры ячеек, мм	80×250		
Длина, мм	2200	2500	2800
Ширина, мм	1100		
Толщина, мм	8—12		
Масса, кг	5,4—7,9	6,4—9,4	6,8—10,0

Стоимость изготовления одной сварной решетчатой затяжки ЗР2 по данным ремонтно-механического завода (г. Осинники, Кемеровской обл.) составляет 3,02 руб.

Наиболее совершенная технология изготовления крупногабаритной решетчатой сварной затяжки освоена в условиях шахты им. Дзержинского НПО «Прокопьевскгидроуголь».

Конструктивной особенностью армостеклопластиковой трехслойной затяжки является то, что она имеет две сварные решетчатые затяжки, смещенные относительно друг друга на половину ячеек в обоих направлениях, и расположенную между ними стеклоткань [2]. Решетка имеет продольные и поперечные прутки, соединенные друг с другом сваркой в точках пересечения. По двум смежным сторонам решетки с ячейками, в 2 раза превышающими размеры ячеек готовой затяжки, предусмотрены консоли, предназначенные для соединения решеток между собой сваркой по периметру (рис. 4.9, б).

При изготовлении затяжки гибкую ткань помещают между решетками и при поджатии решеток друг к другу ткань изгибают по синусоиде между поперечными прутками одной и продольными прутками дру-

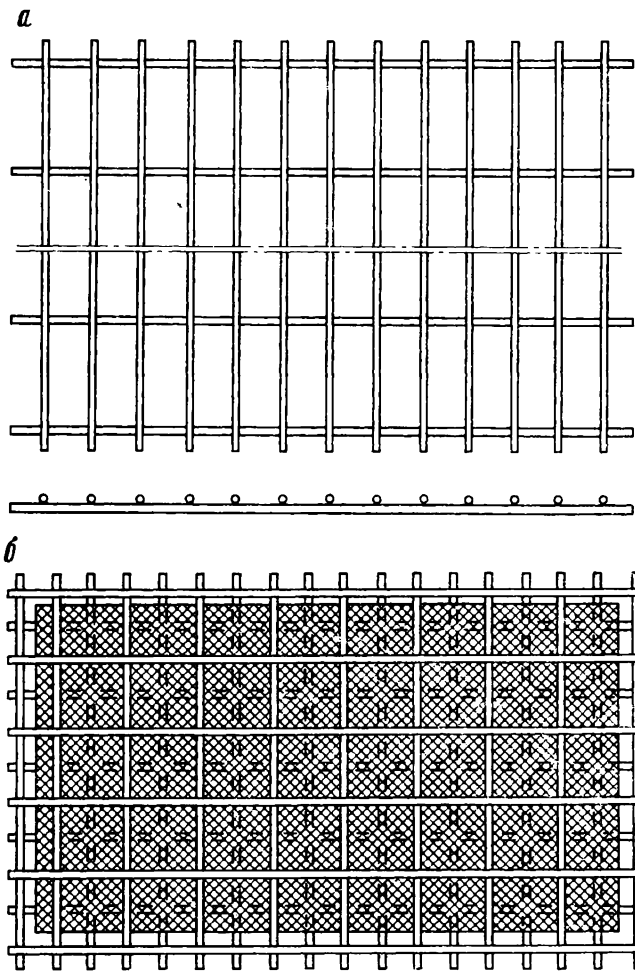


Рис. 4.9. Конструкции решетчатых затяжек

гой решетки. Для фиксации синусоидально изогнутой ткани производят сварку решеток между собой в точках по периметру решеток.

Стоимость изготовления одной армостеклопластиковой затяжки по данным ремонтно-механического завода ПО «Южкузбассуголь» (г. Осинники, Кемеровской обл.) составляет 4,21 руб.

Стальная плетеная одинарная затяжка с ячейками 200×200, 250×250 и 300×300 мм изготавливается из сетки, поступающей с Гурьевского металлургического завода (г. Гурьевск, Кемеровской обл.) в рулонах длиной 10—15 м.

Технические данные затяжки приведены в табл. 4.6.

**Таблица 4.6****Техническая характеристика стальных сеток**

Номер сетки	Номинальный размер стороны ячейки в свету, мм	Ширина сетки, мм	Масса 1 м <sup>2</sup> сетки (кг) при диаметре проволоки, мм			
			1,6	1,8	2,0	2,5
20	20	1000	1,96	2,45	2,95	3,9
25	25	1000	1,52	1,92	2,35	3,67
30	30	1000	1,23	1,6	1,89	2,9

## **5. ТИПОВЫЕ СЕЧЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С АНКЕРНОЙ КРЕПЬЮ**

Типовые сечения горных выработок наиболее полно приведены для условий шахт Донбасса, где приняты однотипные варианты крепления выработок анкерами с установкой во всех случаях анкеров со стороны кровли и боков выработки. В зависимости от условий расположения выработки и ее параметров число анкеров и их длины соответственно изменяются.

Отечественная и зарубежная практика показывают, что такой подход к составлению унифицированных сечений горных выработок в ряде случаев приводит к неоправданному перерасходу крепежных материалов и повышению трудоемкости крепления выработок.

При составлении типовых сечений горных выработок с анкерной крепью необходимо учитывать как горно-геологические, так и горнотехнические факторы, особенно правильность и обоснованность выбора параметров крепи с использованием расчетных формул, достаточно полно апробированных на практике и получивших признание у производственников, в том числе у лиц инженерно-технического надзора.

### **5.1. Факторы, учитываемые при составлении типовых сечений горных выработок**

Размеры поперечных сечений выработок определяются габаритами подвижного состава или других транспортных средств с учетом необходимых по правилам безопасности зазоров и запасов на осадку крепи.

Согласно рекомендациям КузНИУИ, основанным на инструментальных наблюдениях в шахтных условиях, величина запасов на осадку крепи в зависимости от крепости вмещающих пород и сечения выработок, принята для породных выработок 50—75 мм, а для пластовых выработок — 150—200 мм.

Все размеры зазоров и проходов для людей определяются по наиболее выступающим концам анкеров.

Сечения выработок в свету до осадки крепи определены по размерам от подхватов в кровле и боках выработок до почвы или балластного слоя.

Размеры выработок должны также удовлетворять соответствующим горно-геологическим условиям и режиму проветривания шахт I, II, III категорий и сверхкатегорных.

В унифицированных сечениях рекомендуется предусматривать такие формы выработок, которые наилучшим образом вписываются в пласт и учитывают структуру и свойства окружающих пород, срок службы выработок и обеспечивают проведение их без присечки или с минимально необходимым объемом присекаемых пород. К их числу относятся прямоугольная, косоугольная, арочная, трапециевидная, круглая, полигональная и неправильная формы выработок.

Прямоугольная форма рекомендуется в основном для наклонных выработок: бремсберги, уклоны и ходки при них, монтажные камеры, разрезные и ходовые печи, наклонные сбойки по породе.

Арочная форма предусмотрена в породных выработках с большим сроком службы, в которых производится транспортирование полезного ископаемого, доставка материалов, оборудования. Такая же форма выработки принимается при неустойчивых породах кровли и при проведении выработок по пластам значительной мощности. Этой форме выработок отдают предпочтение при строительстве транспортных и гидротехнических туннелей.

## **5.2. Выработки, проводимые по породе**

Выработки по породе проводят с помощью буровзрывных работ, и они широко распространены в горнодобывающей промышленности. Отличительной особенностью выработок, проведенных буровзрывным способом, является то, что они имеют неровную поверхность.

Для обеспечения плотного прилегания анкерных подхватов к неровной поверхности контура выработки рекомендуется использовать предварительную укладку на подхваты твердеющей смеси, например, бетон.

Перед укладкой смеси на подхваты ее помещают в герметичную эластичную оболочку, а натяжение анкеров производят до разрушения оболочки.

Такой прием возведения анкерной крепи может быть использован в выработках как с плоской, так и кровлей арочной формы с использованием в качестве подхватов швеллера или спецпрофиля. Оболочки с твердеющей смесью располагают во внутреннюю часть подхвата, который своими кромками прижимается к поверхности выработки. После затвердевания смеси между подхватом крепи и горными породами создается адгезионная связь.

### 5.3. Выработки, проводимые по пластам угля

Рассмотрим сечения горизонтальных горных выработок, проводимых преимущественно проходческими комбайнами, за исключением восстающих выработок на пластах крутого падения.

Технология проведения выработок комбайнами предусматривает поддержание призабойного пространства на расстоянии до 20 м стойками временной крепи ВК-8, установленными под концы анкерных верхняков, на которые уложены деревянные затяжки, сварные решетки, рулоны металлической сетки или стеклоткани. Вслед за продвижением комбайна через отверстия подхватов бурятся скважины, устанавливаются в них анкеры, извлекаются стойки ВК, которые переносятся в забой и устанавливаются под возводимый в забое очередной анкерный подхват временной рамной крепи (рис. 5.1, а). Одновременно с этим производится перетяжка кровли выработки.

При возведении комбинированной крепи призабойное пространство выработки поддерживается рамами на деревянных или металлических стойках, в промежутках между которыми установлены рамы на стойках ВК-8, которые по мере возведения анкеров извлекаются и переносятся к забою (рис. 5.1, б). Рамы на деревянных или металлических стойках не извлекаются и служат составным элементом постоянной крепи.

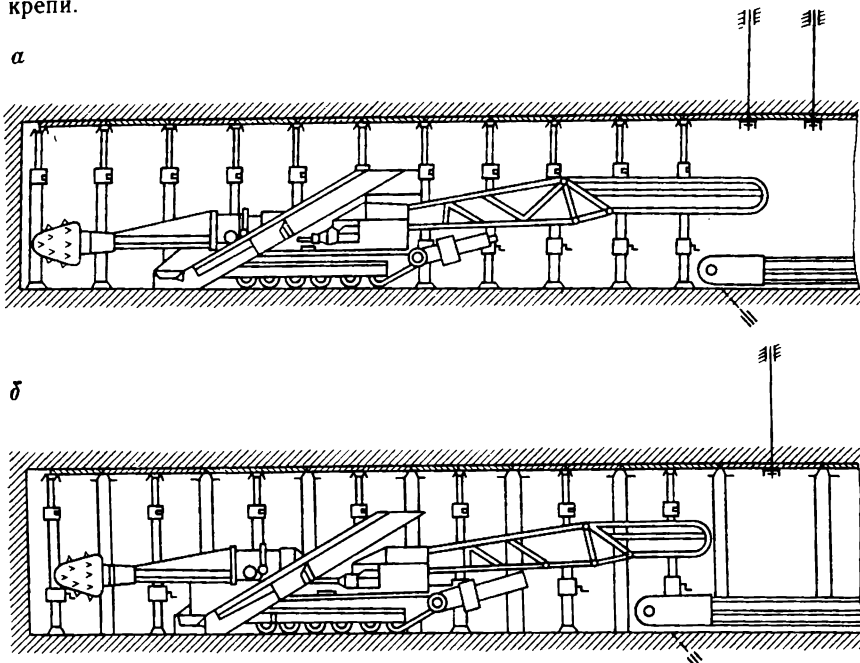


Рис. 5.1. Варианты проведения выработок с возведением анкеров вслед за продвижением комбайна с извлекаемыми стойками (а) и неизвлекаемыми (б)

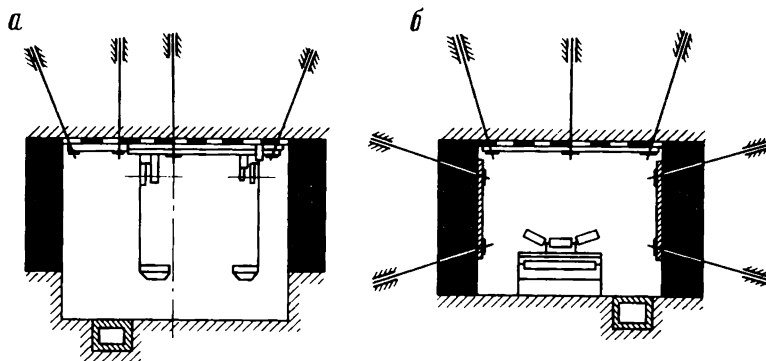


Рис. 5.2. Типовые сечения бремсбергов и уклонов, оснащенных канатно-кресельными дорожками (а) и ленточными конвейерами (б)

На рис. 5.2 приведены типовые сечения горных выработок с анкерной крепью, получившие широкое распространение на шахтах Кузбасса и восточных районах страны на пологих пластах при креплении бремсбергов (уклонов) и ходков к ним, оборудованных канатно-кресельными дорожками и ленточными конвейерами.

Характеристики анкерной крепи и выработок, пройденных по пологим пластам угля, приведены в табл. 5.1.

В приведенных сечениях горных выработок анкерный подхват из спецпрофиля СВП-17 или швеллера располагается поперек горной выработки, а для перетяжки кровли используется крупногабаритная решетчатая затяжка.

Таблица 5.1  
Характеристики выработки и крепи

	Глубина от поверхности, м			
	100—300		300—500	
Коэффициент крепости породы $f$	3—4	4—6	3—4	4—6
Площадь поперечного сечения выработки в проходке, м <sup>2</sup>	7,4—8,6	7,4—8,6	8,6—10,2	8,6—10,2
Площадь поперечного сечения выработки в свету, м <sup>2</sup>	7,2—8,4	7,2—8,4	8,4—10	8,4—19
Мощность пласта, м	0,9—2,8	0,9—2,8	0,9—2,8	0,9—2,8
Угол падения пласта, градус	5—25	5—25	5—25	5—25
Коэффициент крепости угля $f$	0,8—1,5	0,6—1,5	1,0—1,5	0,8—1,5
Длина анкеров, м	1,8	1,6	2,0	1,8
Число анкеров в ряду	4—6	4—6	6—8	6—8
Шаг крепи, м	1,2	1,2	1,0—1,2	1,0—1,2
Масса 1 м подхватов, кг	28—37	28—37	37	37—39,2
Масса 1 м затяжки, кг	10,8—21,6	10,8—21,6	21,6—26	21,6—26
Расход металла на 1 м выработки, кг	56,8—85,6	55,0—82,6	88,9—103,8	85,6—108,4

При проведении выработок в сложных горно-геологических условиях, например, по пласту Десятому шахты «Судженская» ПО Северокузбассуголь для лучшего восприятия горного давления со стороны кровли или пучащейся почвы пласта рекомендуется использовать арочно-анкерную крепь.

На рис. 5.3, *а* показан вариант крепи горной выработки, проводимой у кровли пласта, с направлением вершины арки к почве пласта; на рис. 5.3, *б* — то же при проведении выработок у почвы пласта и направлением арки в сторону кровли.

При преобладании сил горного давления в направлении от кровли к почве выработка проводится у почвы пласта, а при обратном направлении главных сил горного давления выработка проводится у кровли пласта. В обоих случаях крепление выработки производится металлической арочной крепью *1*, устанавливаемой таким образом, что вершина арки направлена в сторону угольного массива и ее главная ось симметрии совмещается с направлением действия преобладающих сил горного давления.

Концы арки *1* прикрепляются к почве или кровле пласта анкерами *2* и *3*, а вскрытый участок кровли или почвы пласта крепится анкерами *5* с использованием плоских подхватов *4*.

Типовые сечения горизонтальных выработок с анкерной крепью, используемые на шахтах Кузбасса, и их характеристика приведены на рис. 5.4 и в табл. 5.2.

В условиях крутого падения при проведении вентиляционных штреков по пластам с углями полуматовых и матовых разностей часто пользуются схемами анкерного крепления, приведенными на рис. 5.5, *а—е*. В таких случаях выработки проходят обычно на полную мощность пласта, что создает определенные удобства для возведения крепи сопряжения лавы и в ряде случаев позволяет использовать их в качестве монтажной камеры для возведения щитовых перекрытий.

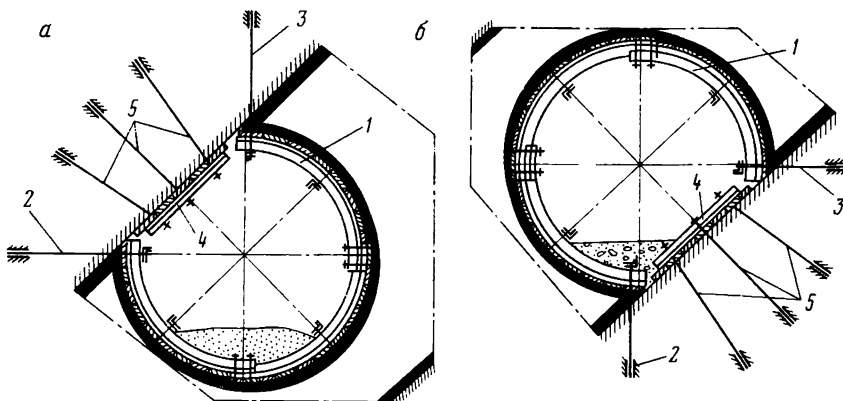


Рис. 5.3. Варианты арочно-анкерной крепи для пластовых выработок в условиях наклонного и крутого падения, подвергающихся интенсивным деформациям

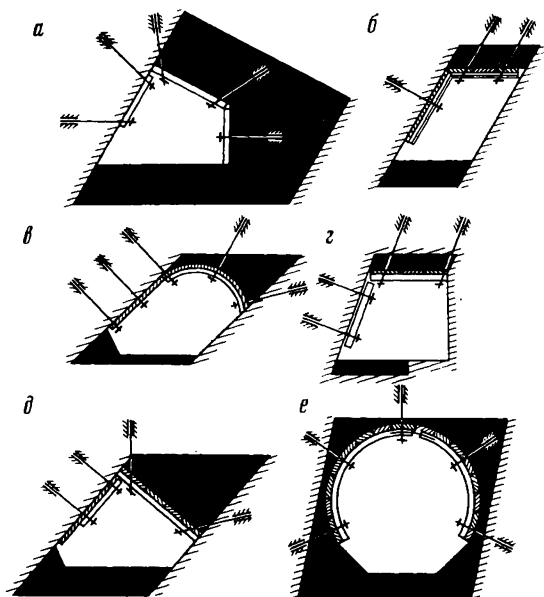


Рис. 5.4. Типовые сечения пластовых выработок с анкерной крепью для условий крутого падения

Таблица 5.2  
Характеристика сечений выработок с анкерной крепью для условий крутого падения

Показатель	Сечения выработок, изображенные на рисунках					
	5.4. а	5.4. б	5.4. в	5.4. з	5.4. д	5.4. е
Площадь поперечного сечения выработки в проходке, м <sup>2</sup>	4,9	4,6—4,7	4,0—4,2	4,6—4,7	4,1—6,4	5,8—7,2
Площадь поперечного сечения выработки в свету, м <sup>2</sup>	4,3	3,5—3,6	3,8	3,8	3,7—5,7	5,4—6,8
Мощность пласта, м	3,5—6,0	1,3—1,5	1,5—1,8	1,5—2,0	2,0—2,5	3,8—6,0
Коэффициент крепости угля	1,0—1,5	1,0—1,5	0,8—1,5	1,0—1,5	1,0—1,5	0,8—1,5
Коэффициент крепости боковых пород	3—6	4—8	3—6	3—6	4—8	3—6
Глубина расположения выработки от поверхности, м	300	300	400	300	300	400
Длина анкеров, м	1,8	1,6	1,8	1,6	1,8	1,8
Число анкеров в ряду	5	3	5	4	4—5	5
Шаг крепи, м	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Расход металла на 1 м выработки, кг	27,0	44,2	65,2	19,2	21,6—27,0	27,0
Расход леса на 1 м выработки, м <sup>3</sup>	0,3	0,12	0,15	0,15	0,25	0,11



В качестве подхватов анкерной крепи используются стальные полосы (рис. 5.5, а, в), круглый лес или распил (рис. 5.5, б, г, е). При устойчивых породах кровли и почвы пласта анкеры в бока выработки не устанавливаются (рис. 5.5, б), а при большой мощности пласта возводятся металлические арочные подхваты (рис. 5.5, д)

На рис. 5.6 приведено наиболее характерное сечение выработок с деревянной анкерной крепью. На шахтах Кузбасса для крепления наклонных выработок при шитовой системе разработки крутых пластов используются деревянные клинощелевые анкеры длиной 0,5 м в сочетании со стальной плетеной одинарной сеткой. Указанные выработки

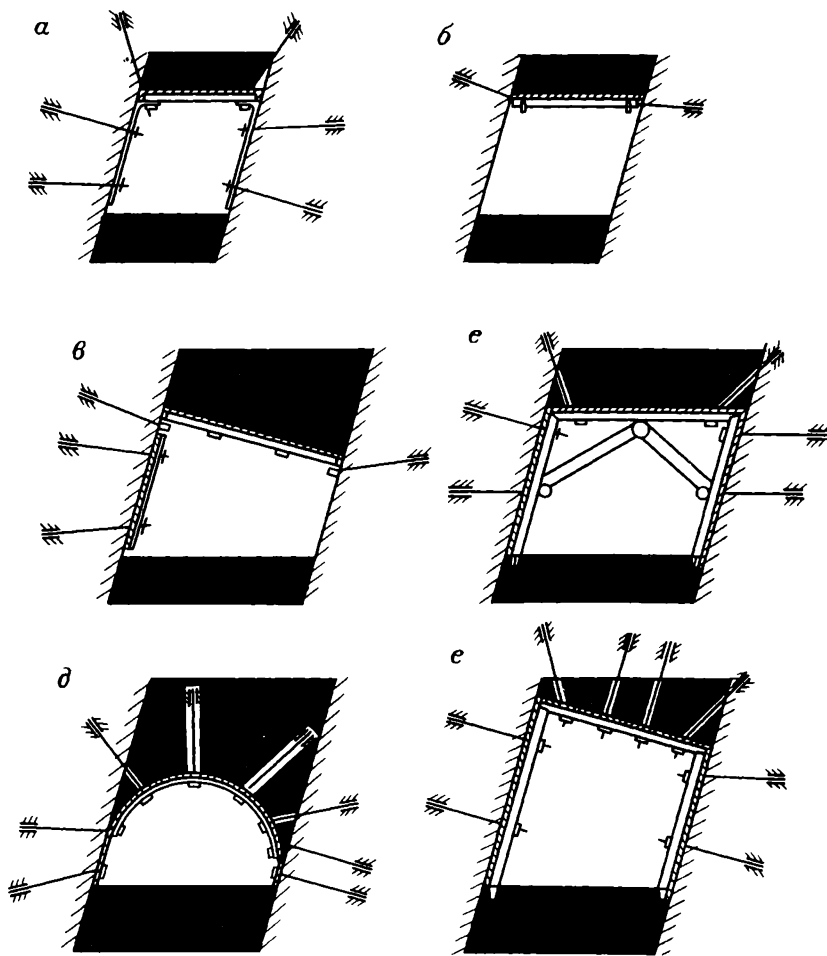


Рис. 5.5. Схемы крепления вентиляционных штреков, проводимых по пластам крутого падения с обнажением боковых пород

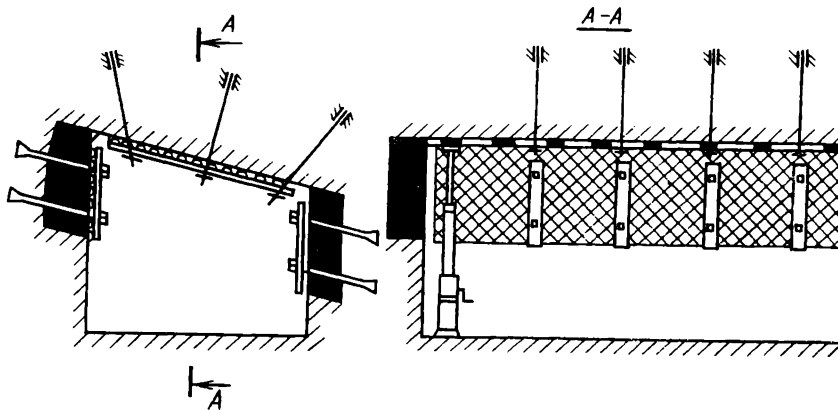


Рис. 5.6. Типовые сечения пластовых выработок, закрепляемых с применением деревянных клинощелевых анкеров

сечением около  $0,8 \text{ м}^2$  проводят с применением буросблочных машин или буровзрывным способом.

Наряду с этим деревянные анкеры сравнительно широко используют для крепления боков пластовых выработок. Техническая характеристика выработок, закрепляемых деревянной анкерной крепью, приведена в табл. 5.3.

Известно, что только в условиях шахт Кузбасса ежегодно проходят 190—200 монтажных камер для монтажа механизированных комплексов при средней их длине 116 м.

Более половины монтажных камер крепится металлической анкерной крепью. Отсутствие операций по перестановке стоек крепи позволяет

Таблица 5.3

Техническая характеристика выработок, закрепленных деревянной анкерной крепью

Показатель	глубина от поверхности.			
	100—250	250—500	100—250	250—500
Коэффициент крепости породы, $f$	3—5	5—7	3—5	5—7
Площадь поперечного сечения в свету, $\text{м}^2$	0,8	0,8	0,8	0,8
Площадь поперечного сечения в проходке, $\text{м}^2$	0,81	0,81	0,81	0,81
Длина анкеров, м	0,5	0,5	0,5	0,5
Число анкеров в ряду	5	5	5	5
Шаг крепи, м	1,0	1,0	1,0	1,0
Мощность пласта, м	1,5	1,5	1,5	1,5
Угол падения пласта, градус	45—90	45—90	45—90	45—90
Коэффициент крепости угля $f$	1,0—1,5	1,0—1,5	1,0—1,5	1,0—1,5

	Глубина от			
	100—250	250—500	100—250	250—500

Рисунок 5.6

Площадь поперечного сечения в свету, м <sup>2</sup>	5,8	5,8	5,8	5,8
Площадь поперечного сечения в проходке, м <sup>2</sup>	6,0	6,0	6,2	6,1
Длина металлического анкера, м	1,8	1,6	2,0	1,8
Число металлических анкеров в ряду	3	3	3	3
Длина деревянного анкера, м	1,2	1,2	1,2	1,2
Число деревянных анкеров в ряду	4	4	4	4
Мощность пласта, м	0,9—1,6	0,9—1,6	0,9—1,6	0,9—1,6
Угол падения пласта, градус	0—35	0—35	0—35	0—35
Коэффициент крепости угля <i>f</i>	0,6—1,2	0,6—1,2	1,2—1,5	1,2—1,5

снизить трудоемкость монтажа механизированных комплексов на 24—27 %. Кроме того, значительно снижается трудоемкость пуска их в работу, так как не требуется разбирать со стороны будущего очистного забоя стойки рамной крепи. Монтажные камеры имеют ширину от 4,6

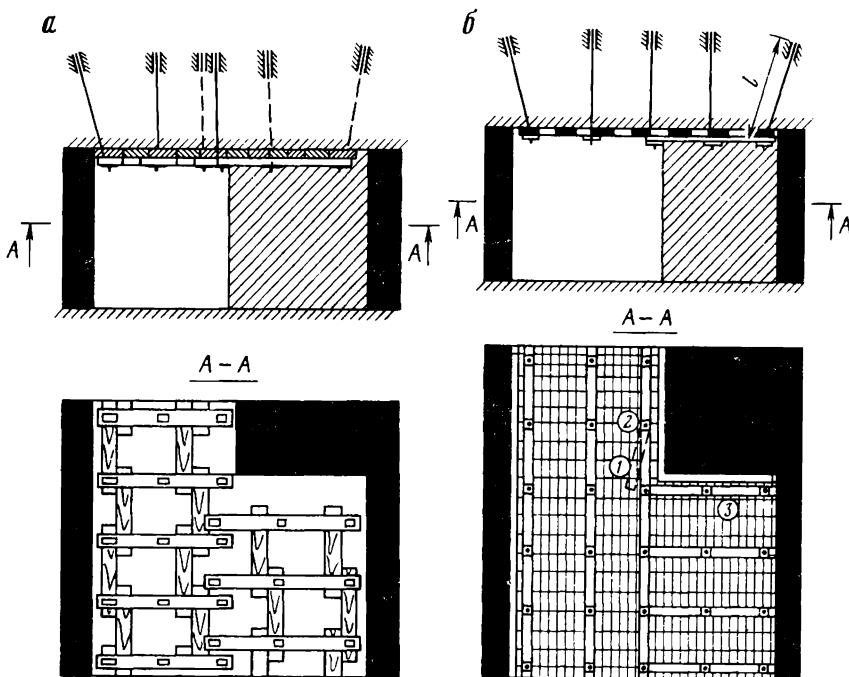


Рис. 5.7 Типовые сечения монтажных камер, закрепленных анкерной крепью

80 Таблица 5.4

## Характеристика выработок в крепи

Показатели	Глубина от поверхности, м										
	100—250		250—500		100—250		250—500				
	2,5—5	5—8	2,5—5	5—8	2,5—5	5—8	2,5—5	5—8			
Коэффициент крепости пород $f$	2,5—5		2,5—5		2,5—5		2,5—5		5—8	2,5—5	250—500
Площадь поперечного сечения в свету, $M^2$	7,4—13,8		7,4—13,8		7,4—13,8		7,4—13,8		<i>Рисунок 5.7, б</i>		
Площадь поперечного сечения в проходке, $M^2$	8,3—14,7		8,3—14,7		8,3—14,7		8,3—14,7		<i>Рисунок 5.7, а</i>		
Длина анкеров $l$ , м	2,0		2,0		2,0		2,0		1,8		
Число анкеров в ряду	6		6		6		6		5		
Расстояние между анкерами в ряду, м	1,0—1,2		1,0—1,2		1,0—1,2		1,0—1,2		1,0—1,1		
Шаг крепи, м	1,0		1,0		1,0		1,0		0,9		
Мощность пласта, м	1,8—3,2		1,8—3,2		1,8—3,2		1,8—3,2		1,5—3,5		
Угол падения пласта, градус	0—25		0—25		0—25		0—25		0—25		

до 5,6 м и их проходят проходческими комбайнами в два приема. Вначале на полную длину камеры проходят выработку шириной до 3,2—3,5 м, а затем обратным ходом после разворота комбайна или холостого его перегона проходят монтажную камеру на полную ее ширину.

Крепление монтажных камер производится с применением поперечных (рис. 5.7, а) или продольных и поперечных унифицированных подхватов из полосовой стали (рис. 5.7, б).

В этом случае поперечный подхват 1 заранее подвешивается на анкере 2 (показан точкой) и разворачивается под углом 90° по мере подвигания забоя 3.

Характеристика выработок и крепи, показанных на рис. 5.7, а, б, приведена в табл. 5.4.

#### **5.4. Наиболее характерные сечения горных выработок с анкерной крепью на рудниках**

Анкерную крепь применяют на рудниках с высокой эффективностью в выработках различного назначения, пройденных в породах с  $f \geq 6$ , за исключением зон геологических нарушений.

При укреплении трещиноватого массива и горных пород, имеющих блочную структуру, применяют опорные элементы.

При укреплении пород, подверженных процессам шелушения и выветривания, анкерную крепь применяют в сочетании с набрызгбетоном.

При укреплении массива на больших глубинах или массива, где проявляются реологические свойства, в кровле и боках выработки устанавливают анкерную крепь с металлической сеткой с последующим нанесением слоя набрызгбетона.

На Зодском руднике при креплении капитальной № 6 кольцевой выработки анкерную крепь применили в качестве временной (рис 5.8, а) Выработку проводили по неустойчивым ультраосновным породам офиолитового пояса, куда входили серпентиниты, пироксениты и габброидные породы, ослабленные сетью трещин. После проходки выработку закрепили постоянной монолитной бетонной крепью толщиной 20 см.

На том же руднике подготовительную выработку (транспортный уклон блока 5/43) протяженностью 350 м закрепили постоянной сталеполимерной анкерной крепью.

На Салаирском руднике для крепления подготовительных выработок, пройденных по трещиноватым породам, применяют клинощелевую анкерную крепь. Кровлю выработки перетягивают деревянными затяжками с использованием металлических анкерных подхватов, устанавливаемых поперек выработки.

На Карабашском руднике кровлю выработок, пройденных по слоистым породам, укрепляют железобетонной анкерной крепью, причем анкеры ставили в шахматном порядке и перпендикулярно (или под углом) к напластованию пород.

На руднике «Октябрьский» при креплении капитальной выработки

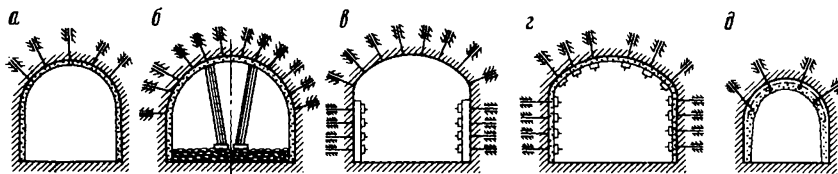


Рис. 5.8. Типовые сечения выработок, закрепленных анкерной крепью, применяемые на рудниках черной и цветной металлургии

(грузового квершлага), пройденной по ангидритоносным мергелям средней трещиноватости на глубине 950 м, склонных к динамическому проявлению горного давления, применяли железобетонную анкерную крепь с последующим нанесением набрызгбетона (рис. 5.8, б). Для исключения неожиданных вывалов у забоя ставили две деревянные стойки. В случае, когда кровля относительно устойчива, а стенки выработки неустойчивы, кровлю укрепляют анкерной крепью, а в боках выработки ставят анкеры с металлическими подхватами, выполненными из швеллера, спецпрофиля, листовой стали (рис. 5.8, в).

Выработки, пройденные по слабоустойчивым и сильнотрещиноватым породам, а также породам, склонным к горным ударам, укрепляют усиленной анкерной крепью (рис. 5.8, г).

Наклонные стволы шахты № 2 им. Артема ПО «Кривбассруда» площадью поперечного сечения  $18,7 \text{ м}^2$  и длиной 3000 м были закреплены железобетонной анкерной крепью в сочетании с металлической сеткой и набрызгбетоном (рис. 5.8, д).

В табл. 5.5 приведены характеристики анкерной крепи горизонтальных и наклонных выработок, применяемые на рудниках.

На Архонском руднике лифтоподъемный восстающий, пройденный по сильно трещиноватым альбитофирам, был закреплен железобетонной анкерной крепью и набрызгбетоном (рис. 5.9, а).

На Кансайском руднике стволы шахты «Центральная» крепили временно клинощелевой анкерной крепью, пройденным по известнякам. В особо неустойчивых местах устанавливали металлическую сетку.

На руднике «Октябрьский» при проходке клетового ствола горные породы укрепляли временно железобетонной анкерной крепью, а с некоторым отставанием от забоя возводили постоянную бетонную крепь (рис. 5.9, б).

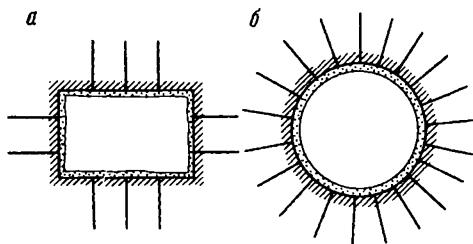


Рис. 5.9. Типовые сечения стволов и наклонных выработок с анкерной крепью, применяемые на рудниках черной и цветной металлургии

Таблица 5.5  
Характеристики анкерной крепи в выработках горнорудной промышленности

	Крепь выработок, изображенная на рисунках									
	6.8, а	6.8, б	6.8, в	6.8, г	6.8, д	6.8, е	6.8, ж	6.8, з		
	200—400						Более 400			
	Глубина от поверхности, м									
	6—9	10—12	8—12	8—12	8—12	8—12	8—12	10—14	10—14	8—12
Коэффициент крепости пород <i>f</i>										
Размеры выработки, м:										
ширина	3,70	3,5	4,5/3,4	4,0	5,10	4,0	4,0	4,0	4,0	2,59
высота	3,10	3,5	3,0	3,2	3,6	3,2	4,0	4,0	4,0	2,4
Радиус кривизны кровли, м	1,85	1,85		2,76/1,04	3,52/1,33	2,76/1,04	2,76/1,04	2,76/1,04	2,76/1,04	1,295
Длина анкера, м:										
в кровле	1,60	1,8	1,7	1,7	1,8	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8
в боках					1,8		1,8	1,8	1,8	
Расстояние между анкерами в ряду, м	0,8	0,8	1,2	1,0		1,0	0,8	0,8	0,8	0,8
Шаг крепи, м	1,0	0,8	1,2	0,8		0,8	1,0	0,8	0,8	0,8
Число анкеров в ряду:										
в кровле	5	5	3	4	8	4	8	8	8	5
в боках		—	—	—	4	—	8	8	6	
Угол наклона выработки, градус	0	10—20	0	0	3	0	3	3	3	0

На руднике «Таштагол» клинощелевыми анкерами временно крепили скипо-клетевой ствол, пройденный по карбонатно-серицитовым сланцам, порфиритам и сиенитам.

В табл. 5.6 приведены характеристики анкерной крепи вертикальных выработок, применяемой на рудниках.

**Таблица 5.6**

**Техническая характеристика анкерной крепи**

Показатели	Крепь выработок, приведенная на рисунках			
	6.9, а	6.9, б	6.9, в	6.9, г
Коэффициент крепости $f$	8—10	10—12	10—12	15—18
Размеры выработки, м:				
длина	2,5	4,8	—	—
ширина	2,0	3,5	—	—
диаметр	—	—	6,5	8,1
Длина анкера, м	1,8	1,6	1,8	1,8
Расстояние между анкерами в ряду, м	1,0	0,65	1,0	0,8
Шаг крепи, м	1,0	0,8	1,0	1,0
Число анкеров в ряду	10	18	20	10
Высота вертикальной выработки, м	60	80	1200	

## **6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНКЕРОВ В КОМБИНАЦИИ С ДРУГИМИ ВИДАМИ КРЕПИ**

### **6.1. Рамно-анкерная крепь**

При интенсивных деформациях выработок, проводимых по слабоустойчивым породам на больших глубинах в зонах влияния очистных работ и тектонических нарушений, успешно применяют комбинированную крепь, состоящую из деревянных или металлических рам (арок), между которыми установлена индивидуальная или комплектная анкерная крепь без связи или со связью с рамами. Иногда в комбинации с анкерной крепью используются рамы смешанной крепи, включающие металлические верхняки из спецпрофилей СВП-17, СВП-22, СВП-27, и деревянные стойки. Металлические верхняки имеют по концам клиновое уширение, предназначенное для размещения в нем верхних частей стоек, заостренных на клин. Для создания надежного замкового соединения стоек с верхняком и повышения сопротивляемости рамы действию бокового давления на расстоянии 0,2 м от торцов верхняка привариваются упоры из круга, уголка или пришедших в негодность звеньев цепи скребковых конвейеров.

На рис. 6.1 представлены два варианта использования анкерной крепи в комбинации с металлической трапециевидной крепью. В такой комбинации расстояние между рамами принимается 1—1,8 м. В проме-



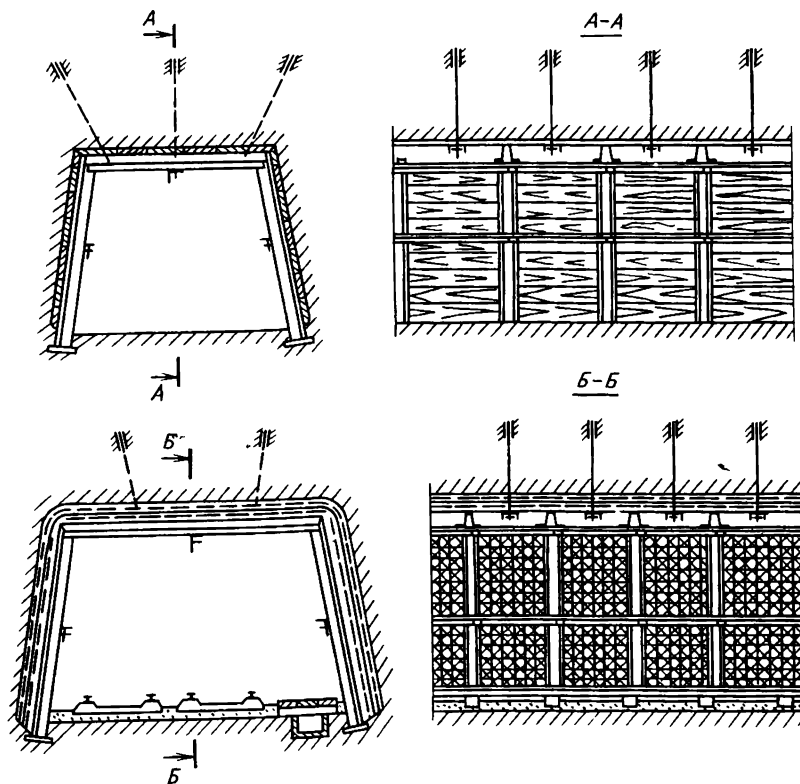


Рис. 6.1. Рамно-анкерная крепь с затяжками:  
сверху — деревянными; с.низу — трехслойными

жутках между рамами в забое подготовительной выработки или с отставанием от него возводят 2—6 рядов анкерной крепи преимущественно со швеллерными подхватями, располагаемыми параллельно верхнякам рамной крепи. Для обеспечения совместной работы рамной и анкерной крепей в такой комбинации расстояние между рамами должно быть по меньшей мере на 10—15 % меньше длины анкера. Для перетяжки кровли и боков выработок с рамно-анкерной крепью используется дерево, сварные решетки и трехслойные затяжки.

При использовании для крепления выработок металлической арочной крепи анкера между арками устанавливают с опорными плитками увеличенных размеров или с двумя полуподхватами из швеллера № 10, расположенными по сечению выработки параллельно аркам металлической крепи. Анкерные полуподхваты обычно устанавливают на пяти анкерах и соединяются между собой в верхней части анкером, для чего один полуподхват имеет отверстие, а к другому приварена пластина с отверстием (рис. 62, а). Верхняками комбинированной крепи служат та-

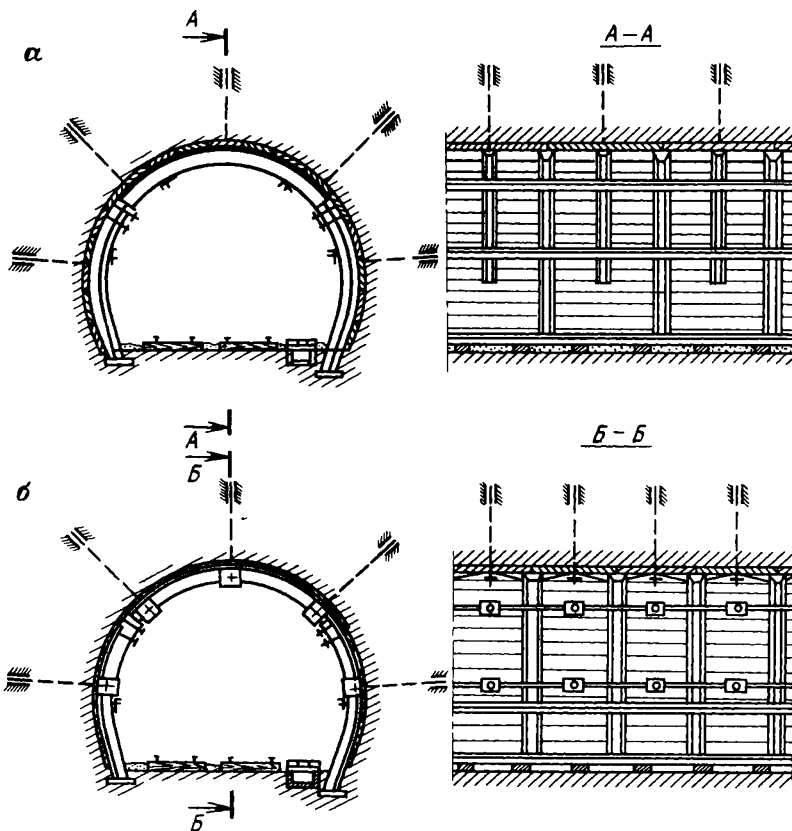


Рис. 6.2. Арочно-анкерная крепь с подхватами:  
*а* — поперечными; *б* — продольными

кие арочные подхваты с отверстиями для трех-пяти анкеров. В крепких устойчивых породах бока выработок с комбинированной крепью, как правило, не перетягивают.

Идея создания комбинированных крепей с механической связью между анкерами и арками реализована в крепи АМК конструкции КузНИИШахтострой, представленной на рис. 6.2, б.

Крепь АМК состоит из обычной арочной металлической крепи, устанавливаемой на расстоянии 0,8—1,2 м. Анкеры в количестве от 2 до 6 устанавливают рядами между арками.

С помощью специальных металлических межрамных стяжек из полосовой стали толщиной 4—8 мм каждая арка рамной металлической крепи подвешивается к двум соседним анкерам. Межрамная стяжка создает как бы дополнительную опору для арок крепи, значительно повышая ее несущую способность.

Практика показала, что такую крепь можно применять в зоне влияния остаточного опорного давления большой интенсивности.

### Техническая характеристика крепи АМК

Площадь поперечного сечения выработки в свету, м <sup>2</sup>	8—20
Тип рам	металлические арки из взаимозаменяемых профилей
Шаг установки рам, м	0,8—1,2
Тип анкеров	металлический распорный или железобетонный
Длина анкеров, м	1,5—3
Число стяжек на 1 м выработки	2—6
Несущая способность крепи, кН/м <sup>2</sup>	120—400

По данным КузНИИШахтостроя экономический эффект от внедрения крепи АКМ составляет 78,5 руб. на 1 м выработки.

## 6.2. Анкерно-набрызгбетонная крепь

В последнее время подверглись пересмотру сами принципы сооружения подземных выработок.

Традиционным для выбора технологии сооружения подземных выработок являлось представление о массиве горных пород как среде, обуславливающей только нагрузки на крепь, которая должна была воспринимать раздвигаемое давление. Это представление в известной степени явилось следствием концепции, в соответствии с которой крепь проходимых традиционными способами подземных выработок испытывает давление от нарушенных вмещающих пород. В отличие от существующей, основным принципом новой концепции обеспечения сохранности подземной выработки является включение ее в работу совместно с массивом путей образования единой несущей системы «порода — крепь». Таким образом реализуются, иногда весьма значительные, свойства вмещающих пород, облегчается крепь, а следовательно, снижается материало- и трудоемкость, что в конечном итоге влечет за собой сокращение сроков и стоимости строительства.

Новые принципы обеспечения сохранности подземной выработки способствовали широкому распространению облегченных податливых конструкций крепей типа анкерной и набрызгбетонной и совершенствованию способов горнопроходческих работ.

Облегченная крепь из анкеров и набрызгбетона позволяет значительно снизить расход металла на 1 м выработки (от 40 до 100 кг), уменьшить по сравнению с арочной крепью почти в 2,5 раза трудоемкость работ, уменьшить поперечное сечение выработки в проходке и, следовательно, увеличить скорости ее проведения.

Набрызгбетон позволяет защитить породу от выветривания и предотвратить местные вывалы между анкерами, что, в конечном итоге, улучшает условия совместной работы анкеров с породой. Широкое приме-

нение за последние годы набрызгбетона обусловлено, с одной стороны, его хорошими технологическими показателями (не загромождается громоздкими механизмами и оборудованием и без того стесненное призабойное пространство, не требуется транспортно-монтажного оборудования, исключаются операции по забутовке и тампонированию закрепного пространства), а с другой стороны — высокими физико-механическими свойствами покрытия, в результате которых максимально реализуются несущие свойства самого массива. Кроме того, набрызгбетон хорошо сопротивляется действию взрывных работ, обладает высокими гидроизоляционными характеристиками.

Прочность набрызгбетона на 10—15 % выше, чем у монолитного бетона той же марки, сцепление с породой достигает 1,0—1,2 МПа. Существенным достоинством набрызгбетона является возможность обеспечения быстрого набора прочности и включения его в работу, что позволяет уже через 3—6 ч выполнять взрывные работы.

Конструктивно-технологические достоинства набрызгбетона обусловили возможность и целесообразность применения безопалубочного бетонирования не только для временного крепления подземных выработок, но и для возведения постоянных обделок.

Областью эффективного применения комбинированной анкерно-набрызгбетонной крепи являются выработки со сроком службы 5 лет и более площадью поперечного сечения 20 м<sup>2</sup> и более, особенно в выработках, не попадающих в зону влияния очистных работ. В комбинированной крепи анкерная и набрызгбетонная крепь взаимно усиливают друг друга. Основную нагрузку от горного давления воспринимает анкерная крепь, а набрызгбетон выполняет функции активной затяжки, одновременно предохраняя породы от выветривания.

Набрызгбетонную крепь обычно возводят толщиной от 20 до 200 мм; благодаря полному контакту с вмещающими породами и значительному уплотнению смеси при возведении набрызгбетонная крепь имеет более высокую прочность по сравнению с монолитным бетоном.

Основной слой набрызгбетона наносят после установки анкеров с отставанием от забоя на 20—40 м за зоной интенсивных смещений горных пород.

Для приготовления набрызгбетона рекомендуется применять портланд, шлакопортланд, гипсоглиноземистые и водонепроницаемые расширяющиеся цементы марок 300—400. Состав цементно-песчаной смеси по объему следует принимать Ц:П = 1:3 при водоцементном отношении В/Ц-0,3.

Расход цемента на 1 м<sup>3</sup> сухой смеси зависит от его марки, требуемой прочности набрызгбетона и гранулометрического состава заполнителей и может ориентировочно определяться по табл. 6.1, предложенной ДонУГИ.

При этом скорость схватывания бетонной смеси должна быть в пределах 2—15 мин. что может быть достигнуто за счет применения добавок — ускорителей схватывания и твердения, в том числе хлористого кальция, хлористого алюминия, жидкого стекла, хлористого железа, ра-

Таблица 6.1

## Расход цемента в зависимости от марки набрызгбетонной крепи

Показатели	Расход цемента на 1 м <sup>3</sup> сухой смеси (г) при проектируемой марке набрызгбетона				
	300	350	400	450	500
Марка цемента:					
400	250	300	350	—	—
500	—	260	300	350	370
600	—	230	270	300	350
Относительное содержание крупного заполнителя в сухой смеси	0,2	0,2—0,3	0,3	0,4	0,5

створа алюмината натрия, фтористого натрия и др. Количество добавок от веса цемента обычно принимается 2—10 %.

Специальные быстрохватывающиеся и быстротвердеющие цементы, особенно М 400, М 500, могут использоваться без введения ускорителей схватывания и твердения.

Содержание крупного заполнителя должно быть в пределах 20—50 %. Максимально допустимый размер зерен зависит от толщины слоя набрызгбетона и не должен превышать 20 мм.

В качестве мелкого заполнителя следует применять крупно- и среднезернистые пески, которые улучшают общий зерновой состав смеси заполнителей. Влажность песка при «сухом» способе набрызга должна быть в пределах 3—5 %, при мокром — не лимитируется. Заполнитель не должен содержать растительные и глинистые примеси. Для их удаления заполнитель на специальных настилах промывается водой, после чего выдерживается 1—2 сут для приобретения оптимальной влажности.

Для сухого набрызга могут использоваться машины конструкции ЦНИИПодземмаша БМ-60, БМ-68 и БМ-70, а также цемент — пушки С-320.

Для мокрого набрызгбетонирования может использоваться установка ЛУМБ, разработанная ИГТМ АН УССР [14].

Известно, что набрызгбетонная крепь относится к жестким видам крепи, плохо работающей на растяжение. Для устранения этого недостатка при использовании анкерной крепи рекомендуется использовать арматуру из металлической сетки, крупногабаритной решетчатой затяжки, каната, металлических полос. В отечественной и зарубежной практике ведутся также работы по использованию при набрызгбетонировании металлических, стеклотканевых и полимерных добавок в виде отрезков проволоки, нитей стеклоткани и т. д. Так, в ФРГ для этой цели использовали отрезки из круговой и листовой стали длиной 12,5—32 мм толщиной 0,4 мм [20].

Установлено, что набрызгбетон с металлическими добавками увеличивает прочность на растяжение на 40 %, на 30 % имеет меньшую усадку и увеличенную на 20 % ползучесть.

Типовые сечения горных выработок с анкерно-набрызгбетонной крепью для угольных и рудных шахт приведены на рис. 6.3.

В этом случае анкерная крепь с набрызгбетоном используется как с применением однослойной, так и двухслойной крупногабаритной решетчатой затяжки (рис. 6.3, *а*, *в*), так и без нее (рис. 6.3, *б*). В последнем случае стержни железобетонных анкеров, выступающие в выработку, имеют отогнутые концы.

Характеристики выработок, пройденных по породе и закрепленных анкер-набрызгбетонной крепью, приведены в табл. 6.2.

С целью повышения эффективности поддержания горных выработок КузНИИУИ разработан специальный прием создания многослойной арматуры перед нанесением набрызгбетона. В этом случае на выступающие в выработку концы анкеров навинчиваются держатели, имеющие отверстия для размещения арматурного каната или проволоки-катанки, причем отверстия могут располагаться взаимно-перпендикулярно, что позволяет располагать гибкие элементы арматуры по сечению и длине выработки (рис. 6.4).

На рис. 6.4, *а* изображена анкерно-набрызгбетонная крепь *б*, когда держатели имеют отверстия, расположенные в одной плоскости для монтажа арматуры по контуру выработки, на рис. 6.4, *б* вверху показана конструкция держателя с расположением отверстий для арматуры в одной плоскости.

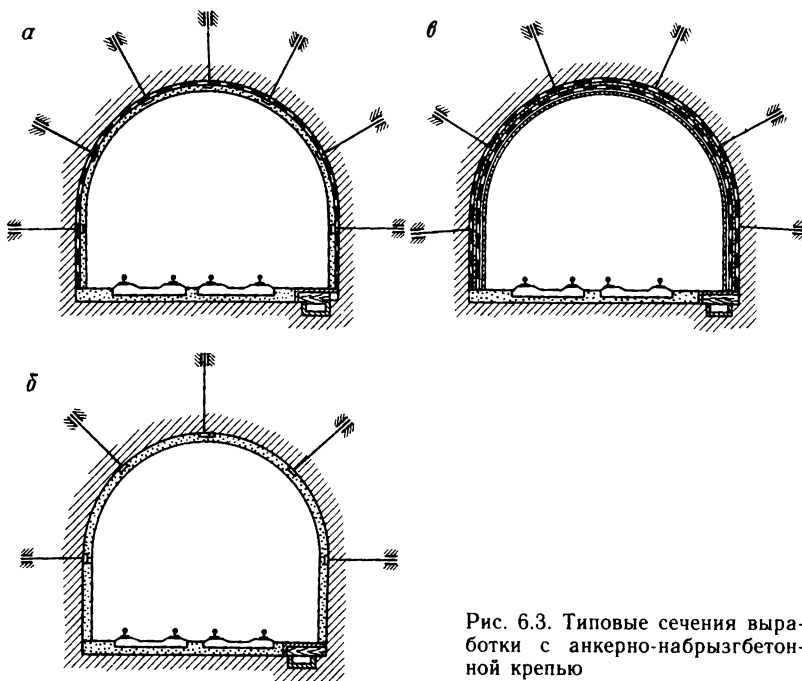


Рис. 6.3. Типовые сечения выработки с анкерно-набрызгбетонной крепью

Таблица 6.2

## Характеристика выработок с анкерно-набрызгбетонной крепью

Показатели	Глубина от поверхности, м							
	100—250		250—500		100—250		250—500	
	Коэффициент крепости $f$				Коэффициент крепости $f$			
	2,5—4	4—6	2,5—4	4—	4—6	6—8	4—8	6—8
	<i>Рис. 6.3, а</i>				<i>Рис. 6.3, б</i>			
Площадь поперечного сечения выработки, м <sup>2</sup>	16,6	16,1	16,8	16,3	15,9	15,5	15,1	15,0
Объем вагонетки, м <sup>3</sup>	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
Длина анкера, м	2,0	1,8	2,1	1,9	1,8	1,6	2,0	1,8
Число анкеров в ряду, шт	7	7	7	7	5	5	5	5
Расстояние между анкерами в ряду, м	1,3	1,3	1,3	1,3	1,6	1,6	1,6	1,6
Шаг крепи, м	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Решетчатая металлическая затяжка, кг	25,96	25,96	25,96	25,96				
Раствор бетона, м <sup>3</sup>	1,03	1,03	1,03	1,03	0,44	0,44	0,44	0,44
	<i>Рис. 6.3, в</i>							
Площадь поперечного сечения, м <sup>2</sup>	16,6	16,0	16,8	16,2	8,6	8,5	8,8	8,6
Объем вагонетки, м <sup>3</sup>	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
Длина анкера, м	2,0	1,8	2,2	2,0	1,6	1,2	2,0	1,4
Количество анкеров в ряду, шт	6	6	6	6	5	5	5	5
Расстояние между анкерами в ряду, м	1,45	1,45	1,45	1,45	1,5	1,5	1,5	1,5
Шаг крепи, м	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	0,9	1,1
Металлическая сетка, кг	51,04	51,04	51,04	51,04	—	—	—	—
Объем бетона, м <sup>3</sup>	1,6	1,6	1,6	1,6	0,35	0,35	0,35	0,35

На рис. 6.4, *в* изображена анкер-набрызгбетонная крепь, когда держатели имеют отверстия, расположенные взаимно-перпендикулярно для монтажа арматуры параллельно контуру выработки и по ее длине; на рис. 6.4, *б* (внизу) показана конструкция держателя с расположением отверстий во взаимно перпендикулярных плоскостях.

Анкерно-набрызгбетонная крепь включает анкеры 1, устанавливаемые по контуру выработки с арматурой 2 из полосовой (круглой) стали или металлической сетки. На выступающие в выработку концы анкеров навинчиваются держатели 3, имеющие отверстия 4, расположенные в одной плоскости для пропуска дополнительной арматуры при расположении ее параллельно контуру выработки (рис. 6.4, *а*) или держатели имеют отверстия 5, расположенные взаимно перпендикулярно (рис. 6.4, *б* (внизу), *в*) для размещения дополнительной арматуры как параллельно контуру выработки, так и по ее длине.

Анкерно-набрызгбетонная крепь как с многослойной, так и однослойной

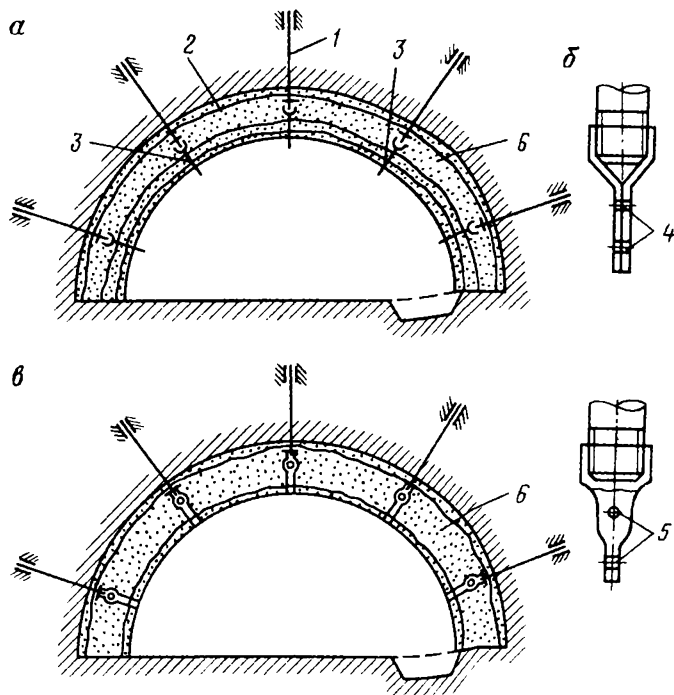


Рис. 6.4. Анкерно-набрызгбетонная крепь с многослойной арматурой (а, в) и устройства для возведения металлического каркаса (б)

арматурой, включая и крупногабаритную решетчатую затяжку, в ряде случаев, является наиболее рациональным видом крепи крупных подземных сооружений. При этом отсутствие закрепного пространства и качественный контакт набрызгбетона с породным массивом обеспечивают совместную их работу.

Филиалом ВНИИОМШСа разработана анкерно-набрызгбетонная крепь для выработок площадью поперечного сечения 16—18 м<sup>2</sup> облегченной конструкции, в которой устанавливается уменьшенное число железобетонных анкеров 1, а для уменьшения толщины набрызгбетонного покрытия в конструкцию крепи входят короткие 2 набрызгбетонные анкеры длиной 50—150 мм, образуемые путем бурения скважин диаметром 42 мм по контуру выработки (рис. 6.5, а), последние заполняются набрызгбетоном в процессе нанесения слоя по контуру выработки. Тем же институтом также разработан паспорт крепления однопутной выработки с применением набрызгбетона и коротких набрызгбетонных анкеров (рис. 6.5, б).

Большие сложности возникают по поддержанию выработок горизонта скреперования и подэтажных выработок на рудниках, разрабатывающих месторождения с массовой отбойкой руды. Для этих условий предложено несколько вариантов крепления выработок анкерно-набрызгбетонной крепью, приспособленной к восприятию высокого горного давления и знакопеременных нагрузок, возникающих при массовых взрывах,



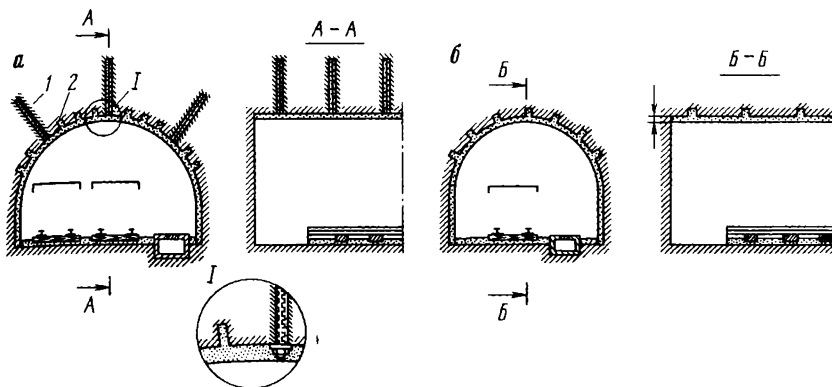


Рис. 6.5. Варианты анкерно-набрызгбетонных крепей конструкции ВНИИОМШС для выработок:

*a* — двухпутных; --- однопутных

не за счет увеличения толщины набрызгбетонного покрытия, а за счет изменения параметров анкерования.

Первый вариант предусматривает установку по сечению выработки длинных и коротких железобетонных анкеров, второй вариант — установку коротких анкеров 2 и третий — установку анкеров в сочетании с металлическим тросом 3 (рис. 6.6, *a, в*). В этом случае стержни железобетонных анкеров имеют кольца (рис. 6.6, *б*), через которые пропускают металлический трос. Натяжение тросов осуществляется таями или посредством скруток, образуемых при вращении стержня анкера. В представленных вариантах крепления анкера 1 имеют длину 1,5 м и устанавливаются по 4—5 штук в ряду при расстоянии между рядами анкеров 1 м. Короткие анкеры длиной 0,5 м устанавливают по 7 штук в ряду на расстоянии 0,5—0,6 м друг от друга или возводят в промежутках между длинными анкерами.

Разработан также паспорт с расположением длинных и коротких анкеров с перемежающимися рядами. Концы тросов сгибаются вокруг кольца крайних анкеров и закрепляются зажимами 4. Предложена следующая технология возведения анкерно-набрызгбетонной крепи. Одновременно с обушиванием забоя в кровле выработок бурят скважины под анкеры, в устья которых временно забивают деревянные пробки. Набрызгбетон 5 в зависимости от устойчивости пород возводят вплотную к забою или с некоторым отставанием. После установки анкеров и тросов производят повторно нанесение набрызгбетона.

Предложенные паспорта крепления были проверены в условиях Тишинского рудника Лениногорского полиметаллического комбината и показали высокую надежность и эффективность по сравнению с бетонной монолитной крепью.

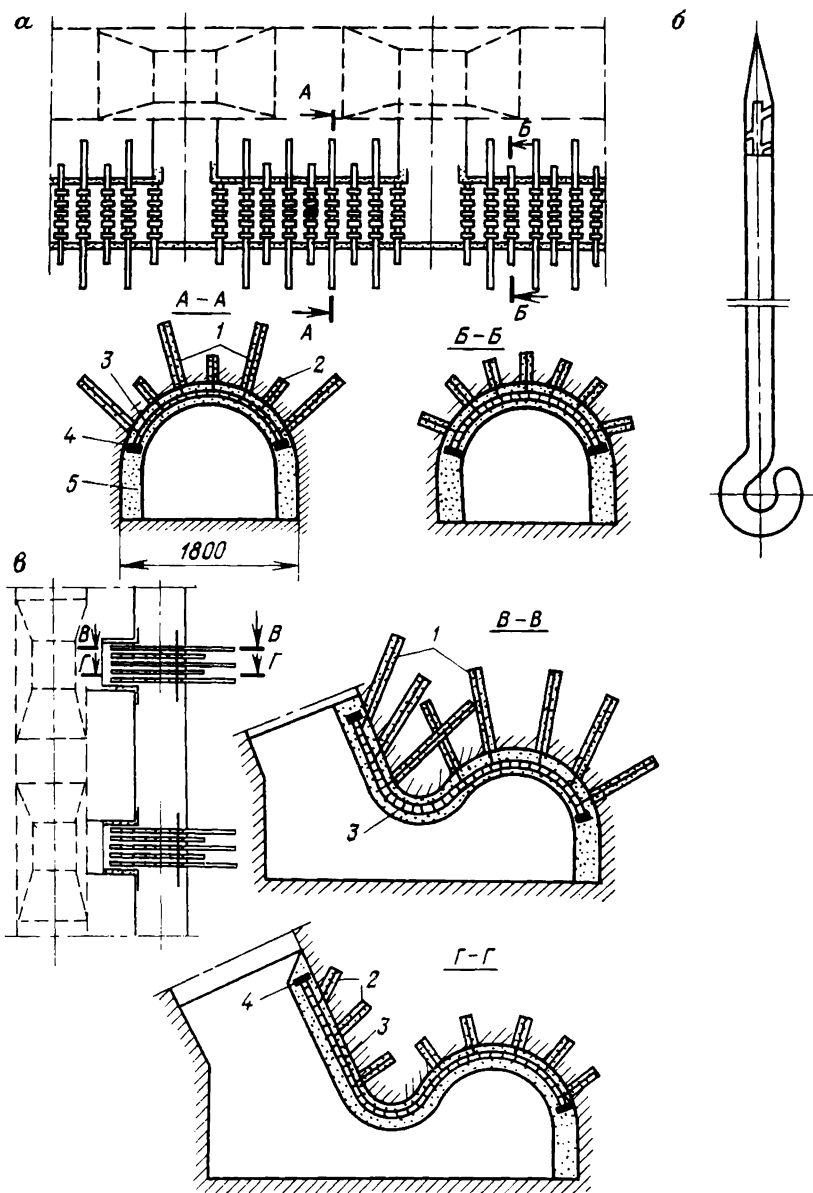


Рис. 6.6. Варианты крепления выработок с нанесением набрызгбетонного покрытия и установкой железобетонных анкеров разной длины и металлургических тросов

### 6.3. Анкерно-набрызгполимерная крепь

Главным недостатком набрызгбетонной крепи является значительная жесткость, что приводит к ее растрескиванию, особенно в зонах влияния очистных работ. В этом отношении применение набрызгполимерной крепи на основе эпоксидной, полиэфирной, полиуретановой и других смол имеет ряд преимуществ, приближаясь по своим физико-механическим свойствам к горным породам или значительно превышая их (табл. 6.3) [24].

В этом случае наиболее полно обеспечивается совместная работа породного массива и набрызгполимерной крепи без образования трещин и разрывов. Из табл. 6.3 видно, что набрызгбетон имеет слишком большую величину модуля упругости (12 000 Па), в то время как модуль упругости породного массива в зависимости от литологического состава пород колеблется в пределах 4000—10 000 Па. Из-за большой разности модулей упругости податливость слоя покрытия из набрызгбетона значительно меньше деформационной податливости пород, что в ряде случаев и приводит к образованию трещин между анкерами. Этому также в значительной степени способствуют малая величина относительного удлинения при разрыве (0,2 %) и крайне низкая прочность на растяжение (5 Па).

Значительного увеличения прочностных, деформативных и изоляционных характеристик покрытий можно добиться путем использования полимерных материалов — вспененных полиуретановых, карбамидных, фенольных или полистирольных связующих композиций. Так, например, исследования покрытия подземных выработок фенольным пенопластом ФРП-1 на Салаирском руднике показали, что материал имеет достаточно высокое сцепление с породой и прочность его на одноосное сжатие состав-

**Таблица 7.3**  
**Сравнительные характеристики различных видов набрызгбетонной крепи**

Материалы	Модуль упругости, Па	Предел прочности при растяжении, Па	Предел прочности при сжатии, Па	Относительное удлинение при разрыве, %	Плотность, г/см <sup>2</sup>
Горные породы	4 000—10 000	1—8	30—200	0,2	1,9—2,75
Набрызгбетон	12 000	5	25	0,2	2,4
Эпоксидная смола (непластифицированная)	3 100	70	110	2,2	1,22
Эпоксидная смола (пластифицированная)	1 700	60	100	5,2	1,2
Эпоксидная смола (33 % по массе), армированная стекловолокном	12 000	120	125	до 5	1,7
Ненасыщенная полиэфирная смола (40 % по массе), армированная стекловолокном	10 000	200	150	до 5	2,0
Полиуретановая смола	2 700	80	60	до 5	1,25

ляет до 0,6 МПа при плотности всего 100 кг/м<sup>3</sup>. Материал покрытия стоек к агрессивным шахтным средам не поддается гниению и плесени, сохраняет свои эксплуатационные свойства при температуре от —60 до +150 °С, он трудновозгораем и по санитарно-гигиеническим условиям допущен к применению в подземной практике.

Опытные работы по использованию анкерно-набрызгполимерной крепи проведены Северо-Кавказским горно-металлургическим институтом (СКГМИ) в условиях Урупского рудника. Для анкерно-набрызгполимерной крепи СКГМИ использовались мочевино-формальдегидная смола МФ-17 и жидкое стекло.

Установлено, что для набрызгполимера возможно использовать следующий состав: смола МФ-17—40 массовых частей, заполнители — кварцевый песок и диабазовая (андезитовая) мука — 50 массовых частей, шамотный порошок 10—12 % от массы смолы, отвердитель — водный раствор щавелевой кислоты 8—10 %.

Для набрызгполимера на основе жидкого стекла рекомендована паста следующего состава: жидкое стекло плотностью 1,38—1,42 г/см<sup>3</sup> — 100 массовых частей; заполнители — кварцевый песок с диабазовой мукой — 70 массовых частей; тальковая пудра — 8 % от массы жидкого стекла; вода — 7—8 % от массы жидкого стекла.

Для нанесения набрызгполимера использовали пневмопушку (ПН) конструкции СКГМИ.

Еще более показателен опыт использования в подземной практике полиуретана в качестве набрызг-покрытия для предохранения породы от обрушения. Полиуретан образуется в результате совместного напыления на поверхность изоцианатного компонента и полиэфирной смеси. Смешивание этих компонентов происходит в пистолете-распылителе. Смесь в течение 30—60 с после нанесения на поверхность вспенивается в 20—30 раз, образуя пенопласт закрыто-пористой структуры, и в течение последующих 2—3 мин отверждается, создавая покрытие с высокими механическими свойствами. Исследования пенополиуретанового покрытия, проведенные ДонУГИ на шахтах производственных объединений Ростовуголь, Донецкуголь, Макеевуголь, показали, что адгезия материала к породе, дереву и металлу составляет не менее 0,2 МПа. Покрытие имеет высокие деформативные свойства, которые позволяют ему сохраняться при значительных растягивающих и изгибающих усилиях.

Интересен также опыт использования для повышения устойчивости подземных выработок полимерных покрытий на основе эпоксидно-диановой смолы. Испытания прочностных свойств связующего состава на основе эпоксидно-диановой смолы показали, что его прочность при изгибе составляет 75—90 МПа, при растяжении 90—100 МПа, при сжатии до 120 МПа. Средняя величина сцепления с породой (аргиллитом) составляет при сухой поверхности 3,5 МПа и при влажной поверхности — 3 МПа. Сцепление с песчаником составляет до 4 МПа. Предложенный Тбилиским политехническим институтом состав на основе эпоксидно-диановой смолы был опробован на опытных участках безобделочного

тоннеля магистрального газопровода и перегонного тоннеля Тбилисского метрополитена. Трехлетнее наблюдение за состоянием выработки на участке с полимерным покрытием свидетельствует о высоких эксплуатационных свойствах такого материала. Покрытие полностью исключило какие-либо отколы и отслоения породы, предотвратило поступление грунтовой воды в тоннель. Покрытие, нанесенное на породу, выдерживает значительное гидростатическое давление — 0,4—0,6 МПа для песчаника и 0,3—0,4 МПа для аргиллита.

Обобщая опыт использования полимерных покрытий в подземной практике, можно сделать вывод об их высоких физико-механических показателях, реализуемых в самых различных условиях строительства, что позволяет расширить область применения прогрессивного способа безопалубочного бетонирования.

Остановимся подробнее на явлениях, происходящих на границе раздела при сооружении набрызгбетонной крепи.

В реальных условиях обнаженная поверхность породы всегда имеет сложную систему адсорбционных слоев, возникающую при контакте породы с внешней средой. В самом общем случае схему основных видов адсорбционных слоев на обнаженной поверхности породы можно представить следующим образом: на первичной объемной структуре породы в результате проходки выработки вследствие динамического воздействия на породу взрывных работ или рабочего органа механизированного проходческого комплекса, а также вследствие перераспределения напряженного состояния массива образуется наведенная система трещиноватости, значительно изменяющая не только физико-механические свойства этого породного слоя, но и его физико-химические свойства. Мощность такого слоя зависит от применяемого способа разработки породы (буровзрывного или механизированного), от точности соблюдения параметров и режимов ведения работ (вида ВВ, средств взрывания, соблюдения условий взрывных работ, наличия или отсутствия технологии контурного взрывания, квалификации проходчиков и т. п.), от глубины заложения выработки и исходных свойств самого массива. В большинстве случаев мощность этого слоя изменяется от 0,3 до 2 м. Чем ближе к поверхности выработки, тем более ярко выражается разница между свойствами ненарушенного массива и приконтурной зоны. Для набрызгбетонной крепи особенно важна приконтактная зона мощностью до 5—15 см. Далее по схеме на контактной зоне образуется слой адсорбционных газов, воды, полярных молекул органического и минерального вещества (смазки). Таким образом, при нанесении набрызгбетона на обнаженную поверхность породы надежность работы его будет определяться и свойствами этой контактной зоны. Кроме того, сам набрызгбетон также неоднороден по своей толщине. Причем, неоднородность слоя набрызгбетона является динамической и изменяется не только в процессе нанесения набрызгбетона на поверхность, но и в течение всего срока твердения материала. Как в процессе нанесения набрызгбетона на поверхность, так и во время твердения материала происходят процессы сорбционного разделения. Это обуславливается в процессе твер-

дения материала разным энергетическим воздействием с одной стороны породы, а с другой стороны воздушной среды. Наиболее низкие физико-механические и другие свойства имеет набрызгбетон на границе с воздухом (внешняя поверхность) и с породой (контактная поверхность). Последнее обуславливается сорбцией воды из раствора (в случае «сухой» поверхности породы) или в раствор (в случае обводненной поверхности породы). И то и другое приводит к нарушению структуры набрызгбетона. Кроме того, в результате усадки бетона при его твердении, усиливается полярность в свойствах бетона по его толщине. Таким образом, для совершенствования технологии набрызгбетонирования в подземном строительстве необходимо совершенно четко представлять себе структуру комбинированной системы «порода — крепь», в которой выделяют следующие зоны: ненарушенный породный массив; нарушенная приконтактная зона (мощность 0,3 — 2 м); контактный породный слой (мощность 5 — 15 см); адсорбированный газообразный слой; адсорбированный слой воды и полярных молекул органического и минерального происхождения (смазка); контактный слой набрызгбетона; набрызгбетон; поверхностный слой набрызгбетона.

Такой взгляд на структуру комбинированной системы «порода — крепь» позволил установить, что образующиеся на границе раздела системы «порода — крепь» полимолекулярные слои провоцируют разрушение несущих комбинированных систем, а возникающие при отверждении набрызгбетона усадочные напряжения и релаксационные процессы в массиве инициируют разрушение конструкций в ослабленных слоях. Отсюда вытекает, что эффективность работы набрызгбетонных покрытий может быть повышена лишь при комплексном воздействии на всю описанную структуру.

Рассмотрим методы создания комбинированных систем «порода — крепь», базирующиеся на концепции увеличения энергии когезии граничного слоя.

Для устройства изолирующих и несущих покрытий из набрызгбетона или другого материала необходимо кроме обеспечения правильного выбора связующего материала и состава в целом правильно выполнить работы по подготовке поверхности породы. Понятно, что в каждом конкретном случае метод подготовки поверхности будет специфичен. Нами предложена классификация видов поверхности в зависимости от требуемых методов их подготовки.

Согласно этой классификации, поверхности делят на сухую скальную, не подверженную эрозии; влажную и обводненную скальную, не подверженную эрозии; размокаемую и выветриваемую; мерзлую скальную, не подверженную эрозии в талом состоянии; мерзлую выветриваемую в талом состоянии; сухую бетонную (при необходимости создания изолирующих покрытий на бетонной отделке) и мокрую бетонную.

Для обеспечения надежной работы покрытия на самых различных поверхностях разработаны методы первичной обработки как самой обнаженной поверхности породы, так и приконтактной зоны (в породах,

где надежная работа набрызгбетонного покрытия не обеспечивается только обработкой поверхности).

В настоящее время уже накоплен значительный опыт устройства набрызгбетонного покрытия на сухом скальном основании, не подверженном эрозии. Такую поверхность для нанесения набрызгбетона готовят путем оборки контура от отслоившихся кусков породы, промывки ее струями воды, в лучшем случае воды с добавками поверхностно-активных веществ и последующим просушиванием поверхности, например, сжатым подогретым воздухом. Только после выполнения указанных операций на поверхность может наноситься набрызгбетонное покрытие. На таких поверхностях в качестве изолирующего покрытия может быть использован набрызгбетон на цементных вяжущих. При буровзрывном способе проходки после устройства набрызгбетонного покрытия приконтактную зону на глубину 0,5—2 м желательно обработать инъекционными методами (выполнить укрепительную цементацию). В этом случае значительно снижается эрозия контактного слоя набрызгбетона и увеличивается долговечность конструкции.

Надежные методы устройства набрызгбетонного покрытия на влажных и обводненных поверхностях до сих пор практически отсутствуют.

Нами предложен новый способ подготовки влажной поверхности. Суть его состоит в том, что приконтактный слой породы на глубину 0,5—2 м через шпуров обрабатывают гидрофобизирующими материалами, препятствующими фильтрации воды из массива на поверхностный породный слой. В дальнейшем при нанесении набрызгбетона эти вещества будут препятствовать сорбции воды из бетона в массив. Далее поверхностный слой породы обрабатывают струями водных растворов водо-маслорастворимых ПАВ с молекулярной массой 250—500 у. е. что способствует более полному удалению воды из микротрещин и пор при последующем обдувании поверхности сжатым воздухом. На обработанную таким образом поверхность наносят набрызгбетон или покрытие на основе нецементных вяжущих. В последнем случае целесообразно применять связующие композиции на основе водонерастворимых синтетических смол с содержанием ПАВ с эффектом солюбилизации от 5 до 40 % или реакционноспособных поверхностно-активных веществ, типа АТЖ или АТЖ-М. Пенетрационная способность таких связующих композиций не должна превышать 20 с. Это гарантирует отсутствие слабого граничного слоя адсорбированной воды на границе раздела «порода — покрытие».

Еще более сложным случаем является устройство набрызг-покрытия на размокаемой выветриваемой поверхности типа аргиллита и алевролита. На таких поверхностях невозможно создавать покрытия из набрызгбетона или другого состава на основе водорастворимых вяжущих веществ. Здесь применимы только составы растворов на основе водонерастворимых вяжущих. В противном случае при нанесении на такую поверхность состава, включающего, даже в малом количестве, воду, начинается ее сорбция из раствора в породу, разрушается приконтактный слой породы и крепь оказывается в нерабочем состоянии.

Для нанесения защитного слоя на подобную поверхность предложен следующий способ: приконтактный слой породы обрабатывают через шпур связующими составами на основе водонерастворимых соединений, поверхность обдувают подогретым воздухом и на нее наносят связующие композиции на основе также водонерастворимых вяжущих. Здесь предпочтительно использовать связующие композиции на основе, по крайней мере, двух вяжущих веществ с различным друг от друга временем отверждения. Эффективность таких составов пояснялась выше.

Задачу по созданию изолирующего набрызгпокрытия на мерзлой скальной, не подверженной эрозии в талом виде, поверхности впервые в СССР пришлось решать при сооружении Колымской ГЭС. В условиях нанесения набрызгбетона на мерзлую скальную поверхность для обеспечения надежной работы покрытия оказалось эффективным обработать приконтактную зону породы и саму поверхность подогретым сжатым воздухом или произвести электрооттайку породы в приконтактной зоне, а затем на талую сухую поверхность нанести набрызгбетон или состав на основе других вяжущих веществ.

Сложнее создать изолирующее покрытие на мерзлой поверхности, выветриваемой и неустойчивой в талом состоянии. В этом случае поверхность вначале обрабатывают сжатым воздухом или производят электрооттайку породы в глубине приконтактной зоны породы, т. е. на расстоянии 0,1—0,8 м от поверхности выработки. В эту зону через шпур нагнетают составы на основе цементных или других вяжущих веществ. После проведения такой обработки глубинной зоны приконтактного слоя породы оттаивают породу на контуре выработки и «мгновенно» покрывают ее изолирующими составами на основе водонерастворимых соединений.

В ряде случаев возникает необходимость в создании защитных покрытий на бетоне или набрызгбетоне. Исследования показали, что долговечность железобетонных обделок не превышает 7—13 лет. Через указанный срок в обделках туннелей происходят следующие характерные нарушения:

- свищи и размывы, представляющие сквозные отверстия, доходящие до 25—30 мм в диаметре;

- трещины как вдоль оси выработки и поперечные, раскрытие трещин доходит до 3 см и более;

- трещины в острие, вызванные температурными и силовыми воздействиями;

- вывалы отдельных кусков бетона из сводовой части и особенно шельги свода;

  - обнажение арматуры;

  - сильный размыв лотка.

Исследования показали, что разрушение бетона в короткие сроки происходит в том случае, если агрессивный агент интенсивно фильтруется через материал. Таким образом, фильтрационная характеристика бетона является одним из основных качеств предопределения его долговечности.

Отсюда вытекает, что создание изолирующих покрытий на бетоне яв-



ляется весьма актуальной задачей. В классификации поверхностей нами выделены — сухая бетонная поверхность и мокрая бетонная поверхность.

Первую для нанесения защитного покрытия предварительно обрабатывают механическим способом для снятия цементной пленки, например, пескоструйными аппаратами, затем промывают водой и просушивают. Далее на обработанную поверхность наносят связующую композицию на основе водонерастворимых синтетических смол.

Мокрыю поверхность бетона предварительно обрабатывают гидрофобизирующими веществами, а затем наносят слои изолирующего покрытия.

#### **6.4. Применение анкерной крепи в сочетании с химическим упрочнением слабоустойчивых горных пород**

Практике известны варианты применения анкерной крепи с химическим упрочнением пород. Как известно, горная порода представляет собой гетерогенную динамическую систему, составляющими которой являются: твердая компонента — частицы породы минерального и органического происхождения, жидкая компонента — вода, содержащаяся в порах и трещинах, газообразная компонента — газы и живая компонента — микроорганизмы. Соотношение компонентов в горной породе определяет ее физическое состояние и свойства. Так, например, сухой песчаник имеет сравнительно высокую прочность, иногда превышающую 80 МПа на сжатие и выработка, сооруженная в нем, сохраняет свою первоначальную форму неограниченно долго. Водонасыщение песчаника сопровождается потерей им своих прочностных свойств и переходом его в неустойчивое пльвунообразное состояние. Тем же может объясняться различная степень устойчивости глинистых пород — глин, суглинков, супесей. Другими словами, изменения прочностных и деформативных свойств горной породы можно добиться прямым и косвенным воздействием на соотношение компонентов в системе. На этом принципе основаны методы технической мелиорации грунтов и, в частности, инъекционные методы химического упрочнения горных пород.

При нагнетании в массив через скважины связующего состава, способного со временем под действием химических реакций и физико-химических процессов изменять свое фазовое состояние от жидкого к твердому, им вытесняется газ и вода, содержащиеся в порах и трещинах породы, что изменяет соотношение компонентов в системе и, в конечном итоге, сопровождается повышением прочности и устойчивости массива. Отсюда понятно, что и свойства массива при инъекционной его обработке будут зависеть от плотности насыщения пор и трещин связующим составом, физико-механических свойств самого связующего состава, как армирующего элемента новой системы, и от величины сцепления на границе раздела фаз.

До настоящего времени лучшие показатели получали при нагнетании в массив связующих составов на основе водных растворов синтетических смол. Так, за рубежом большую известность получили растворы

АМ-9 — фирмы «Америкен Сайанамид» (США), «Сумисойл» — компании «Бульдозер Кодзи» (Япония), «Рокажель» — французской фирмы «Рон-Пуленк». Эти известные растворы, приготовленные на основе акриламида, имеют вязкость, не превышающую 20 с по ВЗ-4 и обеспечивают хорошую обработку даже мелкозернистых песков. В нашей стране преимущественное распространение имеют связующие составы на основе водных растворов мочевино-формальдегидных смол.

Известные методы инъекционной обработки горной породы водными растворами синтетических смол позволяют гарантировать высокую прочность и устойчивость упрочняемого массива. Исключение составляют лишь весьма водонасыщенные породы и породы типа алевролита, имеющие низкую поверхностную энергию. В таких горных породах должного эффекта упрочнения до сих пор добиться не удавалось. Причиной этому являются: низкая когезионная прочность отвержденного в массиве связующего состава, вследствие резкого разбавления раствора поровыми водами, низкая адгезия связующих составов с частицами породы из-за формирования на межфазной границе полимолекулярных адсорбционных слоев воды, являющихся инициаторами разрушения, и высокая усадка связующих составов, отверждаемых в водной среде.

Анализ межфазных явлений, происходящих при инъекционной обработке горных пород, позволил по-новому подойти к проблеме упрочнения массива, основываясь на учете действия коллоидно-химических факторов, и прежде всего селективности взаимодействия связующего состава с частицами породы, различающимися по природе и поверхностной активности. По мнению академика Ю. С. Липатова, селективность абсорбционного воздействия один из главных факторов, влияющих на адгезию многокомпонентных полимерных систем, к которым относятся большинство связующих составов. Основываясь на новых принципах, было предложено два принципиально новых метода инъекционной обработки массива.

*Первый* метод предполагает применение для предварительной обработки массива, до начала инъекции связующего состава, водорастворимых поверхностно-активных веществ (ПАВ) с последующим нагнетанием в массив связующих составов на основе водонерастворимых синтетических смол, включающих водо-маслорастворимые поверхностно-активные вещества с эффектом солюбилизации до 40 %. Эффективность такого метода объясняется следующим. Первичная обработка массива водорастворимыми поверхностно-активными веществами способствует снижению поверхностного и межфазного натяжения поровой воды с 73 до 30—40 эрг/см<sup>2</sup>, что обеспечивает более полное ее вытеснение из пор и трещин породы связующим составом. Таким образом, на 25—30 %, повышается плотность насыщения породы связующим составом. Этому способствуют также водо-маслорастворимые поверхностно-активные вещества, введенные в связующий состав, благодаря которым снижается вязкость и межфазное натяжение связующего состава до величин, гарантирующих высокую степень обработки массива. Наличие водо-маслорастворимых поверхностно-активных веществ в

связующем составе обуславливает и увеличение адгезии к частицам породы. Последнее объясняется тем, что адсорбированная на поверхности частиц породы остаточная влага, которая не может быть вытеснена связующим составом, десорбирует (поглощается) с поверхности с помощью водо-маслорастворимых поверхностно-активных веществ внутрь связующего состава, а именно, в мицеллы эмульгатора за счет ее солюбилизации. Это приводит к росту смачивающей способности связующего состава и увеличению адгезии его к разнородным поверхностям.

Когезионная прочность связующего состава, несмотря на протекающую солюбилизацию, остается достаточно высокой, вследствие применения водонерастворимых синтетических смол, с высокими физико-механическими свойствами. Более того, в настоящее время найдены способы значительного увеличения когезионной прочности путем создания связующих составов, образующих при отверждении взаимопроницающие полимерные сетки. Получение взаимопроницающих полимерных сеток является новым методом смешивания синтетических смол и дает композиционные материалы с широким спектром свойств.

Главные особенности использования связующих составов, образующих ВПС, возникают из различий в скоростях отверждения двух составляющих синтетических смол. Установлено, что если отверждение синтетических смол протекает одновременно, но с различными скоростями, то на первой стадии формируется только одна полимерная сетка. Она обеспечивает первоначальную прочность композиционного материала, в то время как вторая синтетическая смола, содержащаяся в связующем составе, выполняет роль пластификатора, резко снижающего внутренние напряжения и облегчающего протекание релаксационных процессов в граничных слоях.

На второй стадии отверждения образуется вторая полимерная сетка, но, благодаря низкой скорости отверждения второй синтетической смолы, внутренние напряжения в ней практически не возникают.

Таким образом, достигается увеличение когезионной прочности связующих составов.

Использование высокопрочных связующих составов, образующих взаимопроницающие полимерные сетки, позволяет по-новому организовать проходческие работы в ранее упрочненном массиве.

Известно, что при проведении подземной выработки в массиве изменяется напряженно-деформированное его состояние. Причем, как правило, основное изменение напряженно-деформированного состояния происходит практически мгновенно после нарушения структурных связей в массиве, и лишь в ограниченной зоне, окружающей подземную выработку. Учитывая это, было предложено проводить упрочнение массива за пределами указанной зоны, где порода еще сохраняет свое бытовое напряженно-деформированное состояние. При этом обработку производят вначале водорастворимыми поверхностно-активными веществами, а затем связующим составом на основе двух водонерастворимых синтетических смол с различными скоростями отверждения и

водо-маслорастворными поверхностно-активными веществами с эффектом солюбилизации более 40 %. Далее проходку подземной выработки в упрочненной зоне организуют после образования первой полимерной сетки до начала формирования второй полимерной сетки. Такая организация работ приводит к тому, что вторая полимерная сетка образуется уже в разгруженном массиве после протекания основных мгновенных деформаций. Это значительно улучшает работу конструкции и увеличивает надежность устойчивой работы сооружения.

*Второй* метод является развитием первого, но дает качественно новый результат упрочнения породы. Особенность его состоит в том, что на первом этапе предварительную обработку массива осуществляют реакционноспособными поверхностно-активными веществами. Необходимость в проведении такой обработки возникает в тех случаях, когда первый способ не обеспечивает достаточной адгезии с частицами породы. К таким случаям относится, например, инъекционное упрочнение так называемых «мыльников» — аргиллитов и алевролитов, поверхность которых покрыта тончайшей воскообразной пленкой. Прочность ПАВ на таких поверхностях обычно низка, и они образуют на контакте слабый граничный слой, что приводит к уменьшению адгезионной прочности.

Решить такую проблему удалось с помощью поверхностно-активных веществ, которые играют роль агента, улучшающего смачивание и растекание только на начальной стадии инъекционных работ, а после инъекции в массив связующего состава теряют свои свойства благодаря химической реакции со связующим составом и участия в формировании полимерных сеток. Такие поверхностно-активные вещества получили название реакционноспособных.

Второй метод инъекционной обработки горных пород пока еще мало изучен, однако уже сейчас можно сделать вывод о его высокой эффективности и прогрессивности.

Еще одним вопросом сооружения подземных выработок в абсолютно неустойчивых породах является их проходка в предварительно упрочненном массиве. Дело в том, что механизированная проходка не всегда может быть реализована, а проведение буровзрывных работ по обычной (традиционной) технологии может привести к разрушению упрочненного слоя породы. Поэтому был внесен ряд изменений в традиционную технологию буровзрывных работ, проводимых под защитой зоны из упрочненных пород.

Уже хорошо известны отечественные и зарубежные невзрывчатые разрушающие вещества. Среди них большую известность получили «Бристар» и «S-Майт» (Япония), РВ и НРС-1 (СССР). Это вещества, представляющие собою порошки, состоящие в основном из соединений негашёной извести специального типа. В отличие от общепринятого способа разрушения взрывом, основанного на использовании давления газа и ударной волны, невзрывчатые разрушающие вещества развивают высокое давление в результате процесса кристаллизации посредством химической реакции гидратации. По данным эксперимента

вещество «Бристар-200» развивает давление до 300 Па через 15 ч после затворения водою, а НРС-1 — через 24 ч. Такое давление оказывается достаточным для разрушения практически любой породы. Основываясь на известных свойствах невзрывчатых разрушающих свойств, было предложено использовать эти вещества для заряжания контурных шпуров. В этом случае может быть произведен гладкий откол породы и не нарушается законтурный массив, ранее упрочненный связующим составом.

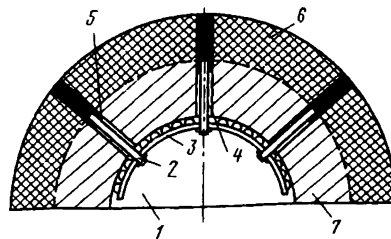


Рис. 6.7 Схема крепления выработок с химическим упрочнением пород

Еще больший эффект может быть получен при одновременном применении невзрывчатых разрушающих веществ для заряжания контурных шпуров и поверхностно-активных веществ понизителей твердости горной породы, которыми до взрывания зарядов ВВ обрабатываются все шпуры. Благодаря такой обработке, может быть значительно снижена прочность и твердость вмещающих пород, что позволит применять ВВ пониженной мощности или сократить число шпуров на единицу площади.

В настоящее время такие поверхностно-активные вещества созданы для различных групп горных пород, имеют сравнительно низкую стоимость и не являются остро дефицитными.

При проведении выработок большого сечения по слабоустойчивым породам можно воспользоваться способом установки полых анкер-герметизаторов. В этом случае вначале проводят выработку 1 малой площади сечения, которую крепят анкерами 2 с подхватами 3 (рис. 6.7). Затем перпендикулярно к контуру выработки бурят длинные скважины 4 с таким расчетом, чтобы их концы достигли контура будущей выработки большой площади сечения. В этих скважинах в районе контура выработки большой площади сечения устанавливают полые анкер-герметизаторы 2. После этого за герметизаторы 5 подают связующий раствор, который, проникая в породные трещины, образует сплошную упрочненную зону б по контуру будущей выработки. После отверждения связующего раствора проводят выработку большой площади сечения путем выемки породного массива 7, расположенного между контуром выработки малой площади сечения и упрочненной зоной б по контуру будущей выработки.

Применение описанного способа позволяет безопасно сооружать выработки большой площади сечения в слабоустойчивых трещиноватых породах с последующим их креплением облегченной крепью, например, набрызгбетоном или набрызгполимером.

## 6.5. Особенности использования анкерной крепи в многолетнемерзлых породах

Разработки полезных ископаемых (россыпные месторождения) в условиях вечной мерзлоты ведут в северо-восточных районах страны, где толщина мерзлых пород достигает 380 м.

Россыпные месторождения перекрываются в основном гравийно-галечным материалом и щебнем. Коэффициент крепости мерзлых пород по М. М. Протодякову достигает 4—10.

Устойчивость вечно мерзлых горных пород достигается за счет цементации льдом и обусловлена тепловым режимом. В зимний период выработки эксплуатируется без применения крепи (температура воздуха достигает  $-65^{\circ}\text{C}$ ), в летнее время из-за поступления теплого воздуха с поверхности выработки необходимо крепить (температура воздуха достигает  $+30^{\circ}\text{C}$ ).

В условиях многолетнемерзлых пород анкерная крепь используется для крепления горных выработок и для различных вспомогательных целей.

Анкерная крепь при укреплении горных пород применяется самостоятельно или совместно с теплоизоляционным покрытием.

Анкеры замкового типа с опорным элементом малоэффективны, так как в летнее время металлические стержни передают тепло воздуха, поступающего в выработку с поверхности, в массив. Анкер теряет свою работоспособность в результате оттаивания горных пород вокруг замка анкера.

ВНИИ-1 разработан специальный анкер, который исключает оттаивание укреплемых пород. Анкер состоит из трубчатого стержня, заполненного теплоносителем (например, фреоном). На одном конце стержня установлена распорная гильза с клином. На другом конце имеется резьба, где устанавливаются опорная плита с гайкой. С целью теплообмена с рудничным воздухом на конце выступающего стержня укреплены съемные оребренные пластины из теплопроводного материала. В период, когда в выработку поступает холодный воздух с температурой  $-10 \div -15^{\circ}\text{C}$  (зима) анкер передает тепло пород рудничному воздуху, причем армирующий стержень выполняет функцию испарителя, а оребренные пластины конденсатора. Такое направление теплообмена приводит к охлаждению горных пород, и следовательно, увеличению их устойчивости. В летнее время, когда поступающий в выработку воздух имеет нулевую температуру для исключения передачи тепла к породам, пластины снимают. Промышленное применение получила железобетонная анкерная крепь с опорными элементами. В закрепляющую песчано-цементную смесь добавляют противоморозные добавки  $\text{CaCl}_2$  (хлорид кальция) и  $\text{NaNO}_2$  (нитрат натрия) в количестве 4 % каждого от массы цемента. Анкерная крепь горных выработок с теплоизоляционным покрытием предложена ЛГИ (рис. 6.8, а) и состоит из анкеров, опорных плиток, гаек, подхватов, листов теплоизоляционного ограждения с ребрами жесткости.

Крепь устанавливают в следующей последовательности. После бурения скважин возводят анкеры (замкового типа или железобетонные), на которые навешивают подхваты 4, толщина которых определяет величину воздушного промежутка между породами и теплоизоляционным ограждением (должна быть не менее 30—50 мм). На подхваты устанавливают теплоизоляционные ограждения внахлестку и соединяют между собой путем вдавливания цилиндрического уширения зажимных элементов одного листа в другой. Ограждения прижимают к подхватам опорными плитками с помощью гаек. Теплоизоляционные ограждения изготавливают из полихлорвинилового пластика, они надежно изолируют горные породы, предотвращая их оттаивание и потерю устойчивости.

## **7. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНКЕРНОЙ КРЕПИ НА СОПРЯЖЕНИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

### **7.1. Крепление анкерами сопряжений подготовительных выработок**

Особенностью применения анкерной крепи на сопряжении подготовительных горизонтальных выработок является увеличение плотности ее установки на самом сопряжении и в примыкающих выработках на участках до 1,5—3 м в 1,5—2 раза или увеличение длины анкерной крепи на 20—30 %. Так, при использовании продольных полосовых или угловых анкерных подхватов крепление сопряжений осуществляется путем увеличения плотности установки анкерной крепи в 2 раза в процессе проведения основной выработки 1 (рис. 7.1, вверху). Затем при пересечении этой выработки устанавливается один ряд дополнительных продольных анкерных подхватов 2. Анкерные полосовые подхваты (рис. 7.1, внизу) имеют по концам отверстия диаметром 22 и 45 мм.

При проведении выработки комбайном полосовые или угловые продольные анкерные подхваты устанавливаются впереди комбайна путем их разворота вдоль выработки. При этом подхват заранее фиксируется на выступающем в выработку конце анкера через отверстие диаметром 22 мм. В качестве временных стоек используются винтовые стойки ВК-7 или ВК-8, которые устанавливаются под развернутый подхват со стороны отверстия диаметром 45 мм. Через это отверстие бурится скважина для установки очередного анкера.

На сопряжениях вертикальных стволов с околоствольными дворами анкерная крепь в сочетании с решетчатой крупногабаритной затяжкой используется как временная в процессе разделки сопряжения и при возведении набрызгбетонной или монолитной постоянной крепи не извлекается. При этом перед нанесением набрызгбетонной крепи рекомендуется использовать многослойную арматуру, которая удерживается на выступающих в выработку концах анкеров при помощи специальных дер-

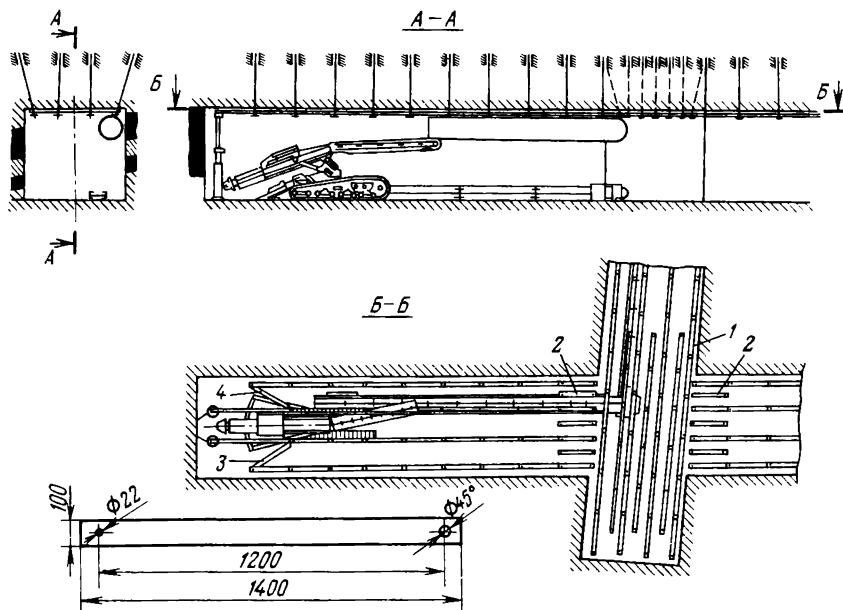


Рис. 7.1. Схема крепления пород кровли пласта на пересечении горизонтальной выработки с наклонной

жателей. Арматура из каната или проволоки-катанки укладывается как вдоль, так и поперек выработки.

Для крепления восстающих выработок при отработке крутых пластов, особенно щитовой системой разработки на шахтах Кузбасса, широко используется деревянная анкерная крепь длиной 0,5—0,7 м с металлической сеткой с размером ячеек 10×10 мм при диаметре проволоки 1,5—2 мм, что позволяет получить экономический эффект в сумме 13—26 руб. на 1 м выработки с учетом стоимости крепежных материалов, их доставки в забой выработки и ее крепления.

На сопряжении восстающей выработки с горизонтальной (сбойки и промежуточные штреки) при щитовой системе разработки ранее устанавливались вплотную друг к другу четыре рамы деревянной крепи. Однако при производстве взрывных работ под щитом наблюдались случаи выбивания рамной крепи сопряжения взрывной волной. Для устранения указанного недостатка на сопряжении восстающей выработки с горизонтальной устанавливают одну раму с усилением ее металлическими анкерами, а при наличии слабоустойчивого угольного массива место сопряжения усиливают гибкими подхватами из металлической полосы сечением 50×3 мм длиной 2,4—4 м. Один конец гибкого анкерного подхвата располагают в восстающей, а другой — в горизонтальной выработке и вплотную прижимают к угольному массиву с использованием металлических анкеров длиной 1,4—1,8 м. Для усиления гибких подхва-



тов в местах расположения отверстий под анкеры приваривают квадратные опорные плитки размером 100×100 мм и толщиной 5 мм.

В зависимости от устойчивости угольного массива гибкие подхваты для удержания мест сопряжений восстающих выработок с горизонтальными устанавливают в два-три ряда.

## 7.2. Крепление сопряжений лав со штреками с применением анкерной крепи

Крепление анкерами выработок, непосредственно примыкающих к лавам, позволяет в значительной степени упростить поддержание сопряжений лав со штреками, а в ряде случаев полностью отказаться от применения дополнительной стоечной крепи [1]. Так, при отработке крутых пластов тонких и средней мощности лавами со стоечной крепью или с применением комплексов 2КГД (по опыту шахт Кузбасса) крепление вентиляционных штреков может производиться анкерной (рис. 7.2, а) или арочной крепью с дополнительной установкой четырех анкеров (рис. 7.2, б). Во втором случае анкеры со стороны арки арочной крепи устанавливаются попарно с использованием деревянных прогонов. Верхние анкеры располагаются между рамами так, что отверстия для их пропуска в верхняке арочной крепи делать не требуется. В предложенных вариантах крепления вентиляционных штреков анкерами на сопряжении лав дополнительная крепь не устанавливается, кроме одной распорной стойки для облегчения спуска крепежного леса в лаву.

Для крепления вентиляционных штреков площадью сечения 5—8 м<sup>2</sup> может использоваться металлическая анкерная крепь в сочетании с под-

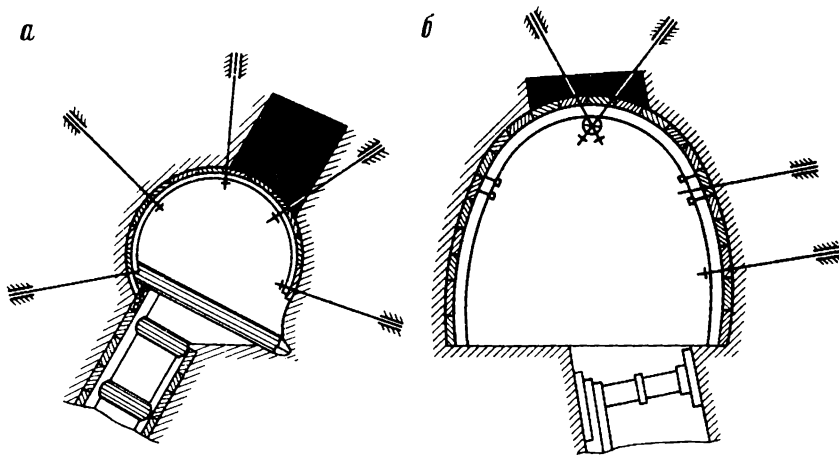


Рис. 7.2. Варианты крепления верхних сопряжений лав при отработке пластов крутого падения

хватками ОП-522 из швеллера № 10 и № 12. Каждый такой подхват состоит из двух арочных полуподхватов с радиусом изгиба 1440 мм. К одному из полуподхватов приваривается пластина с отверстием для установки анкера, который через соответствующее отверстие в соседнем полуподхвате соединяет их вместе. Масса таких подхватов по сравнению с арочной крепью из спецпрофиля СВП-17 в 1,6—2 раза меньше и из швеллера № 10 составляет 35,3 кг, а из швеллера № 12 — 42,9 кг. Кроме того, анкерные подхваты извлекаются при погашении горных выработок и используются повторно.

Установка подхватов осуществляется на пяти анкерах, из которых два нижних располагаются горизонтально, два средних под углом, верхний вертикально. Такое расположение анкеров обеспечивает наилучшую устойчивость горных выработок.

Анкерные подхваты ОП-522 серийно выпускаются Прокопьевским механическим заводом (Кемеровская обл.)

При обработке пологопадающих тонких пластов анкерную крепь используют на сопряжении лав со штреками для удержания арок арочной крепи (рис. 7.3, а) или стоек рамной крепи со стороны лавы. Для удержания арки арочной крепи обычно устанавливают два анкера 2 под углом 10 и 45° с использованием металлического анкерного подхвата 1.

При этом ножку крепи со стороны лавы убирают или отпиливают электропилой часть стойки 3 со стороны лавы (рис. 7.3, б). Анкерную крепь со стороны борта лавы устанавливают заранее с опережением 10—15 м от плоскости очистного забоя. В этом случае дополнительной стоечной крепи на сопряжении лав со штреками устанавливать не требуется.

В том случае, когда вентиляционный и конвейерный штреки закреплены анкерной крепью для предотвращения отжима угля, со стороны лавы устанавливают анкера в сочетании, например, с продольными подхватами 1 (рис. 7.3, в) и крупногабаритными сварными решетчатыми затяжками. В зависимости от мощности пласта устанавливают два-три ряда анкеров. Расстояние между рядами анкеров обычно принимают кратным величине подвигания лавы. Перед началом выемки угля в лаве продольные подхваты 1 и решетчатые затяжки 5 извлекаются. Для того чтобы анкера не препятствовали выемке угля в лаве, рекомендуется изготавливать их из дерева или пластмассы. Внешние концы таких анкеров армируются втулками с резьбой. Соединение втулок со стержнями производится запрессовкой или посредством эпоксидной смолы. При сильнотрещиноватом слабоустойчивом угольном массиве наряду с установкой анкеров производится его пропитка смолами. Для этой цели в Кузбассе используется смола СФЖ-3032Д, а отвердитель кислотный новолачный типа КН в равном процентном отношении. Смола и отвердитель изготавливаются в Кемеровском НПО «Карболит» и соответственно стоят 190 и 432 руб. за 1 т. Для поддержания сопряжений при анкерном креплении примыкающих к лавам

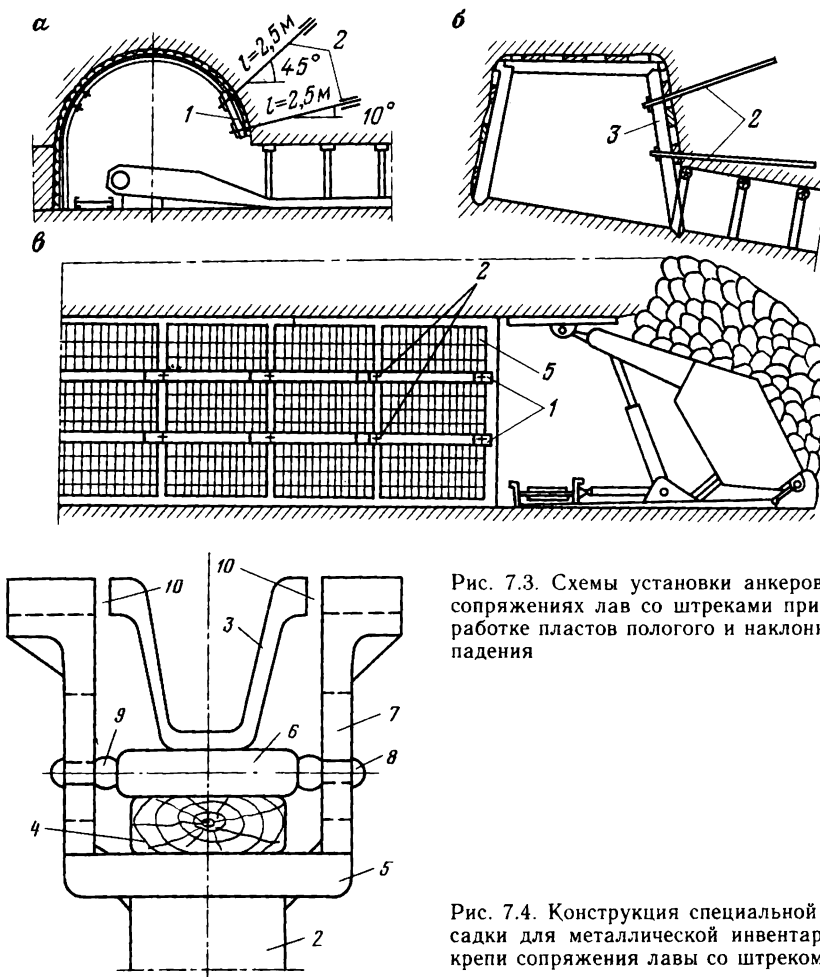


Рис. 7.3. Схемы установки анкеров на сопряжениях лав со штреками при отработке пластов пологого и наклонного падения

Рис. 7.4. Конструкция специальной насадки для металлической инвентарной крепи сопряжения лавы со штреком

штреков может использоваться переносная инвентарная крепь со специальной насадкой (рис. 7.4) [7]

Специальная насадка состоит из головки, располагаемой на верхней части стойки 2 крепи сопряжения, прогона 3 из спецпрофиля или другого проката, клина 4, основания 5, ролика 6, боковых стенок насадки с прорезью 7 и вкладышем 8, упорных подшипников 9. Особенностью предлагаемой конструкции является то, что ролик 6 расположен по центру головки специальной насадки. При этом опоры ролика располагаются в вертикальных пазах 7

Для усиления анкерных подхватов на сопряжении или верхняков рамной штрековой крепи под ролик 6 подбивается клин 4. Последний поднимает вверх по продольным пазам ролик 6 и производит им рас-

линку прогонов. Передвижение прогонов 3 крепи сопряжения осуществляется поочередно. Для этой цели у одного из них выбивают клин 4, ролик 6 опускается вниз под действием собственного веса и веса прогона 3 и ложится на внутреннюю часть бронзового или чугунного вкладыша 8.

При этом положении ролик свободно вращается, позволяя значительно снизить трудоемкость передвижения прогонов. Для предотвращения возможного заклинивания роликов последние снабжены упорными подшипниками 9.

Между внутренними кромками в верхней части специальной головки оставляется зазор 10 суммарной шириной 50—70 мм, что дает возможность изменить направление передвижения прогона вдоль штрека. Выполнение такой операции необходимо в том случае, когда штрек в районе сопряжения имеет искривление в плоскости пласта.

При бесцеликовой технологии выемки угля крепление штреков анкерами значительно упрощает поддержание сопряжений лав с прилегающими выработками.

Бесцеликовая технология выемки угля применяется не только при отработке пластов тонких и средней мощности, но и мощных пластов, обрабатываемых наклонными слоями в нисходящем порядке. В этом случае анкерная крепь может использоваться для поддержания конвейерных и вентиляционных штреков при выемке верхнего наклонного слоя.

Различают три способа охраны выработок при бесцеликовой технологии: путем сохранения выработок на границе с выработанным пространством с помощью органических рядов, костров и других искусственных сооружений; проведением их вприсечку к выработанному пространству и проведением выработок в выработанном пространстве, например, бремсбергов и ходков к ним.

В ряде случаев производится частичное сохранение конвейерных штреков с последующим погашением лавой целиков, оставленных между дополнительно пройденным штреком и частично сохраняемым конвейерным.

При сохранении выработок с анкерной крепью для повторного использования важную роль играет схема ее крепления. В этом случае анкерные подхваты наиболее целесообразно располагать поперек выработки, а со стороны обрушенных пород их следует усиливать металлическим или деревянным органическим рядом. Наряду с этим, кроме установки органического ряда или выкладки костров со стороны выработанного пространства, возводят усиливающую деревянную или металлическую рамную крепь, причем последняя работает наиболее эффективно при ее расположении между анкерными подхватами.

Установка стоек под анкерные подхваты приводит к разгрузке анкеров и снижению их работоспособности. Анкеры в массиве пород кровли выработки следует располагать под углом 60—90° к предполагаемым плоскостям разлома горных пород.

При поперечных подвотах рамная усиливающая крепь устанавливается между анкерными подвотами.

Главным достоинством анкерной крепи при данном способе сохранения штреков является простота поддержания их сопряжений с лавами путем установки двух подвотов посередине выработки на участке до 6 м до забоя с использованием шарнирных металлических верхняков и металлических стоек. Представляется возможным использовать рамную усиливающую металлическую крепь повторно. Обеспечивается прямоточная схема проветривания, исключается скопление метана в кутках лавы, снижается запыленность примыкающих к лаве выработок и значительно повышается их устойчивость.

Таким образом, с внедрением анкерной крепи представилось возможным не только упростить поддержание конвейерного штрека для повторного использования, но и крепление сопряжения лавы со штреком. Так, при отработке пологих пластов средней мощности крепление сопряжения конвейерного штрека с лавой (рис. 7.5, а), как правило, осуществляется путем установки однорядной металлической индивидуальной крепи, а сохранение конвейерного штрека на ширину 1,8 путем пробивки однорядного деревянного органного ряда с установкой подвотов со стороны угольного массива. С целью предотвращения отжима борта вентиляционного штрека на шахте «Абашевская»

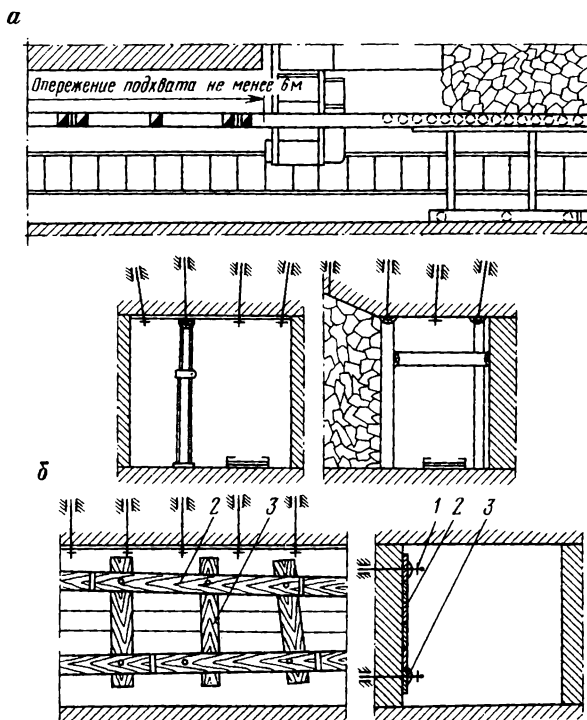


Рис. 7.5. Схема крепления сопряжений лав с прилегающими выработками, сохраняемыми на половину сечения при отработке пластов средней мощности

ПО «Южкузбассуголь» производится его крепление анкерами 1 длиной 1,6 м с использованием в качестве анкерных подхватов однорезок 2 и деревянных затяжек 3 (рис. 7.5, б).

При отработке пологих пластов мощностью 0,9—1 м с применением механизированного комплекса, например, КМ-97, крепление сопряжения лавы со штреком осуществляется путем установки однорядного подхвата из металлических стоек (рис. 7.6), а сохранение конвейерного штрека в выработанном пространстве путем установки однорядного органного ряда из деревянных или металлических индивидуальных стоек. Причем после подвигания лавы на 100 м металлические стойки по опыту шахты «Абашевская» переносятся к забою. Усиливающая металлическая податливая или жесткая рамная крепь из спецпрофиля СВП-17 служит для сохранения конвейерного штрека на весь период его службы. Так как конвейерный штрек проходится с присечкой боковых пород, то борт его со стороны кровли пласта также усиливается анкерной крепью.

При отработке механизированными комплексами пологих маломощных пластов с тонкослоистыми трещиноватыми породами кровли выемочные штреки, закрепленные анкерной крепью, усиливаются на сопряжении с лавой двухрядными металлическими прогонами 1 (рис. 7.7), включающими шарнирные верхняки и стойки нарастающего или постоянного сопротивления, и дополнительными боковыми анкерами 2 с подхватами 3, поддерживающими присеченные породы кровли пласта (рис. 7.7). Ограждение сохраняемого штрека от выработанного пространства осуществляется двухрядным органным рядом 4. Кроме того, в штреке между рядами анкеров устанавливаются металлические рамы 5 на участке штрека протяженностью 80—100 м. Рамы по мере подвигания лавы переносят и возводят за крепью сопряжения. Кроме того, со стороны целика угля в районе сопряжения лавы со штреком устанавливают подхваты 6 с опережением впереди лавы не менее 6 м.

При труднообрушаемых породах кровли в случае проведения конвейерных штреков с присечкой почвы пласта по опыту шахты «Березовская» ПО «Северокузбассуголь» может быть рекомендован способ поддержания сопряжения лав со штреками, приведенный на рис. 7.8.

Сущность способа при бесцеликовой технологии выемки угля заключается в следующем.

Откаточный штрек 1 для повторного использования сохраняется путем пробивки органного ряда 2 и кустов 3 из металлических стоек. Последние устанавливаются с опережением лавы до 15 м и сохраняются сзади лавы на участке 6 м.

Между рядами анкерной крепи в штреке со стороны выработанного пространства устанавливаются рамы крепи, состоящие из металлического верхняка (швеллер № 10 или № 12) и трех деревянных или металлических стоек.

На сопряжении лавы со штреком устанавливаются спаренные прогоны 4 на трех металлических стойках и подхватный ряд на шести металлических стойках.

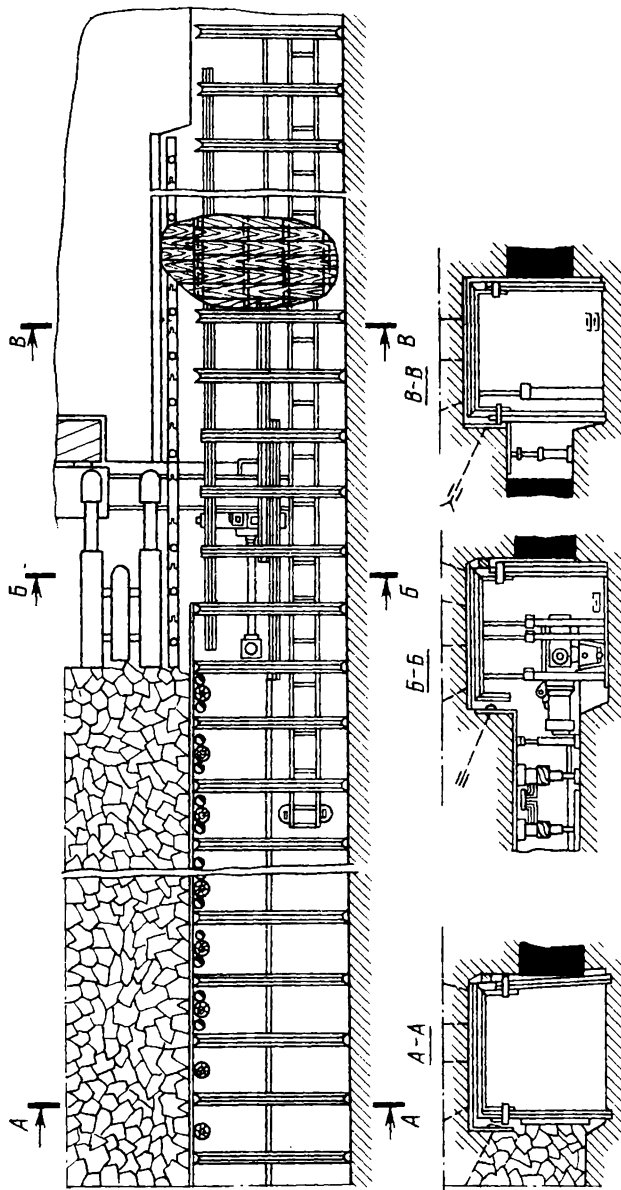


Рис. 7.6. Схема крепления сопряжений лав с прилегающими выработками, сохраняемыми для повторного использования при обработке тонких пологих пластов

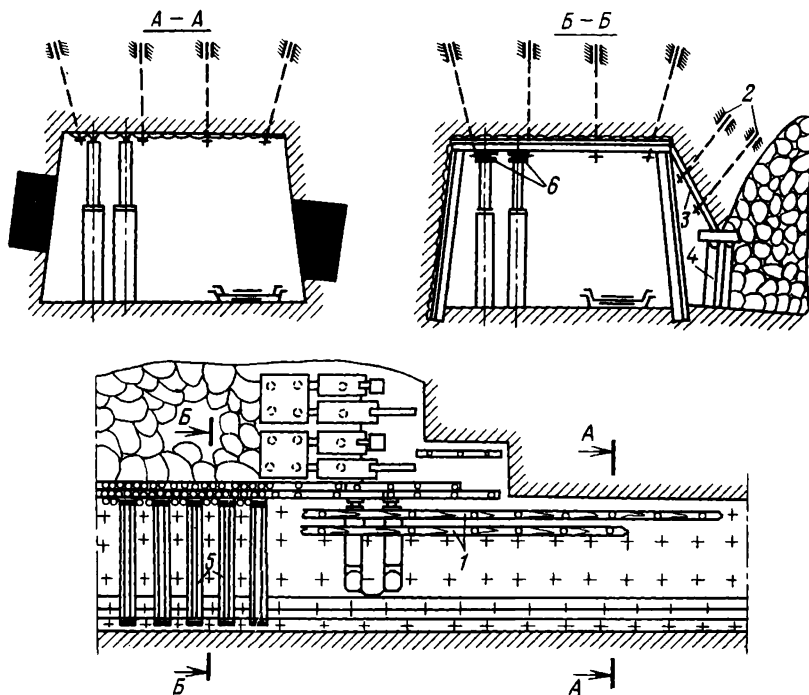


Рис. 7.7 Схема крепления сопряжений лав со штреками, сохраняемыми для повторного использования при обработке пластов со слабоустойчивыми кровлями

Для облегчения обрушения кровли производится ее торпедирование путем взрывания зарядов ВВ из аммонита, размещенных в скважинах  $\varnothing$  5 диаметром 43 мм, пробуренных под углом  $45^\circ$  на расстоянии 5—6 м друг от друга. Длина скважин обычно принимается равной 17 м.

Экономическая целесообразность принятых схем поддержания конвейерных и вентиляционных штреков анкерами складывается из снижения затрат на ремонт сохраняемых выработок и сокращения сроков подготовки очистных забоев. Металлическая рамная крепь и металлические подхваты не деформируются и используются многократно.

Стоимость поддержания штреков для повторного использования по рассмотренным схемам составляет 49—54 % стоимости вновь проводимых штреков. При этом ежегодная экономия крепежного леса в среднем по шахте составляет около 8 000 м<sup>3</sup>

Широкое внедрение анкерной крепи на шахте «Абашевской» способствовало выявлению резервов для лучшего использования техники, совершенствования организации труда и обеспечения устойчивой высокой скорости проведения выработок с минимальными трудовыми и материальными затратами. С применением анкерной крепи, масса которой в 6—15 раз меньше, чем у крепей поддерживающего типа, предста-



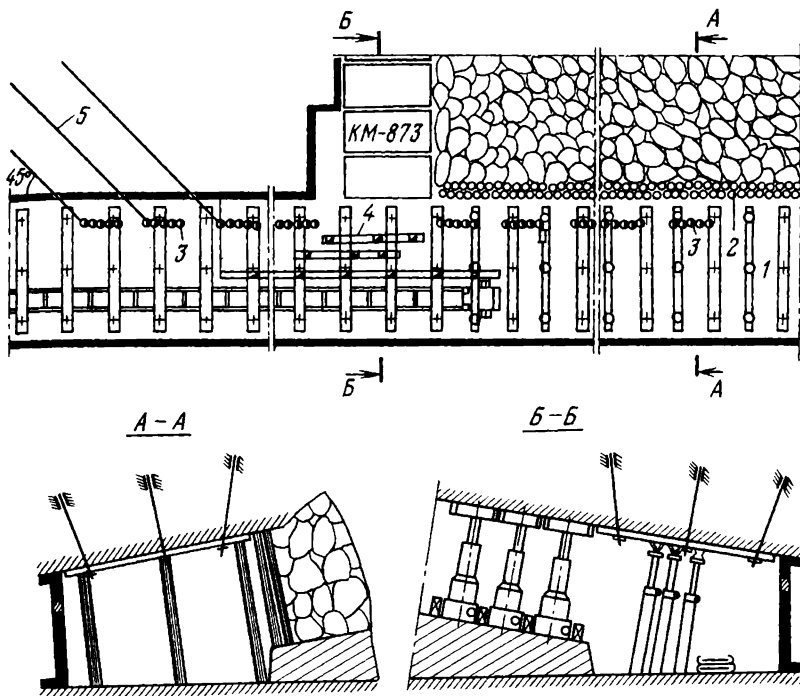


Рис. 7.8. Схема крепления сопряжений лав с прилегающими выработками, сохраняемыми для повторного использования при отработке пластов с труднообрушаемыми кровлями

вилось возможным резко сократить трудозатраты на ее доставку и обеспечить бесперебойное снабжение забоев крепежными материалами. Только за счет сокращения простоев средняя скорость проведения выработок с анкерной крепью по сравнению с деревянной повысилась в 1,5—2,5 раза. Это сыграло также важную роль в осуществлении перехода на подготовку длинных выемочных полей, обрабатываемых механизированными комплексами, что позволило решить проблему доставки материалов в протяженные нарезные выработки и обеспечить тем самым уменьшение объема монтажных и демонтажных работ на пластах пологого падения. Не менее важным является и то, что анкерная крепь позволила сократить продолжительность операций по креплению сопряжений лав со штреками.

## 8. НЕТИПИЧНЫЕ УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ АНКЕРНОЙ КРЕПИ

### 8.1. Использование анкерной крепи для ремонта и восстановления горных выработок

При креплении горных выработок монолитной бетонной крепью наблюдаются случаи появления в крепи трещин, особенно при попадании крепи в зону влияния очистных работ. Ремонт разрушенной монолитной крепи наиболее качественно и быстро может быть выполнен с применением анкерной крепи. Например, при образовании закола *1* (рис. 8.1 *a*) через нарушенную часть бурятся скважины и в них устанавливаются железобетонные анкеры *2* с подхватками *3* из швеллера или другого профиля проката.

Для перетяжки пространства между анкерами используется крупногабаритная решетчатая затяжка *4*. Последней операцией является нанесение слоя набрызгбетона или обычного бетонного раствора.

На Таштагольском руднике с использованием анкерной крепи в рекордно короткий срок был осуществлен ремонт бункера комплексного подземного дробления [26]. Вследствие длительной эксплуатации стенки бункера были сильно деформированы и размеры его значительно

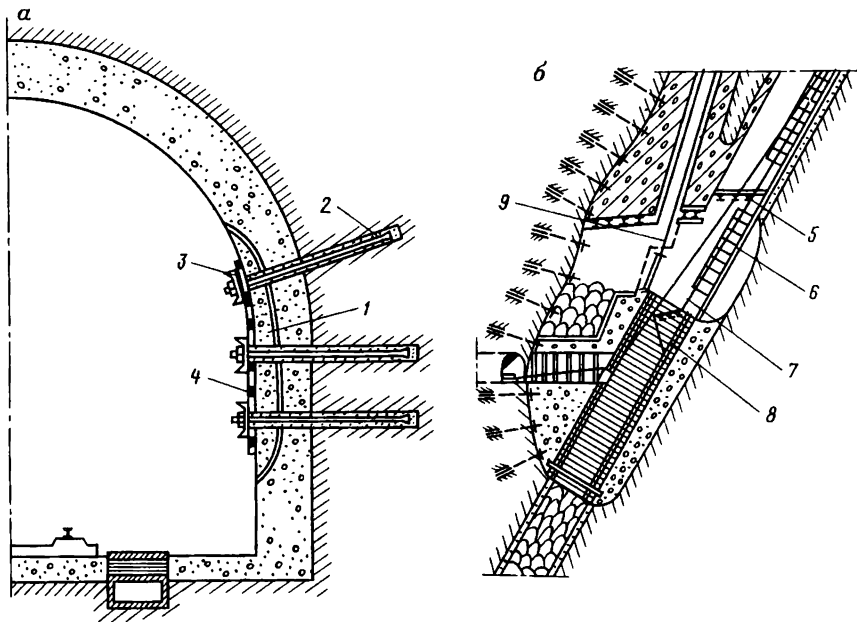


Рис. 8.1. Схемы установки анкеров при ремонте крепи горизонтальной (*a*) и восстановлении наклонной (*b*) выработок

увеличились. Со стороны кровли выработки они составили 8—9 м, со стороны почвы — 4—5 м.

В поперечном направлении максимальный диаметр образованной полости достигал 13—14 м. Коэффициент крепости пород  $f = 10 \div 12$ .

Перед началом ремонтных работ был возведен предохранительный полок 5 (рис. 8.1, б). Со стороны обрушенной кровли было пробурено 1500 скважин длиной 1,6 м и установлены анкеры через 1,5 м, что обеспечило дальнейшее безопасное ведение восстановительных работ. Для передвижения рабочих была смонтирована подвесная лестница 6, а для подъема футеровки на канате 7 был подвешен рабочий полок 8. Новая футеровка (блумы) укладывались на опорный венец с рабочего полка 5. Бетонная смесь вокруг футеровки подавалась по трубопроводу 9. Анкерная крепь обеспечила полную безопасность и позволила при четкой организации работ произвести ремонтно-восстановительные работы за 28 календарных дней.

Для крепления анкерами выработок неправильной формы, образуемой при взрывных работах или после выбивки рамной арочной крепи в аварийных ситуациях, например, при взрыве газа или угольной пыли, может быть использован следующий прием.

При буровзрывном способе проведения выработок, контур которых приобретает неровные очертания, вначале вынимается верхняя часть и устанавливаются анкеры 1, швеллерные кольца 2 и сварные решетчатые затяжки 3 из проволоки-катанки (рис. 8.2, а).

В средней части полуподхваты 2 соединяются между собой анкером 4 через соосные отверстия, одно из которых образуется непосредственно в днище швеллера, а другое на выступе 5 соседнего полуподхвата со срезанными боковыми гранями. Для усиления крепи через отверстия боковых граней анкерных полуподхватов пропускаются стальные канаты 6, которые дополнительно анкеруются в промежутках между полуподхватами анкерами 7. После выемки и крепления верхней части выработки под защитой анкерной крепи производится выемка нижней части с установкой анкером 8 и анкерных полуподхватом 9.

При аварийных ситуациях зачастую происходит обрушение пород со стороны кровли выработки с образованием свода естественного равновесия. В этом случае производится крепление анкерами верхней части выработки, под защитой которой убирается обрушенная порода, а во время уборки породы с почвы выработки крепится анкерами нижняя ее часть.

Для того чтобы анкерный подхват лучше вписывался в неровную поверхность выработки, в них предусмотрены зоны пониженного сопротивления за счет среза боковых стенок швеллера в виде выреза 10 треугольной формы (рис. 8.2, б). В этом случае искривление анкерных подхватов в местах пониженных зон сопротивления осуществляется в процессе создания предварительного натяжения в анкерах 11 (рис. 8.2, в).

При большом сроке службы капитальной горной выработки ее поверхность покрывается набрызгбетоном.

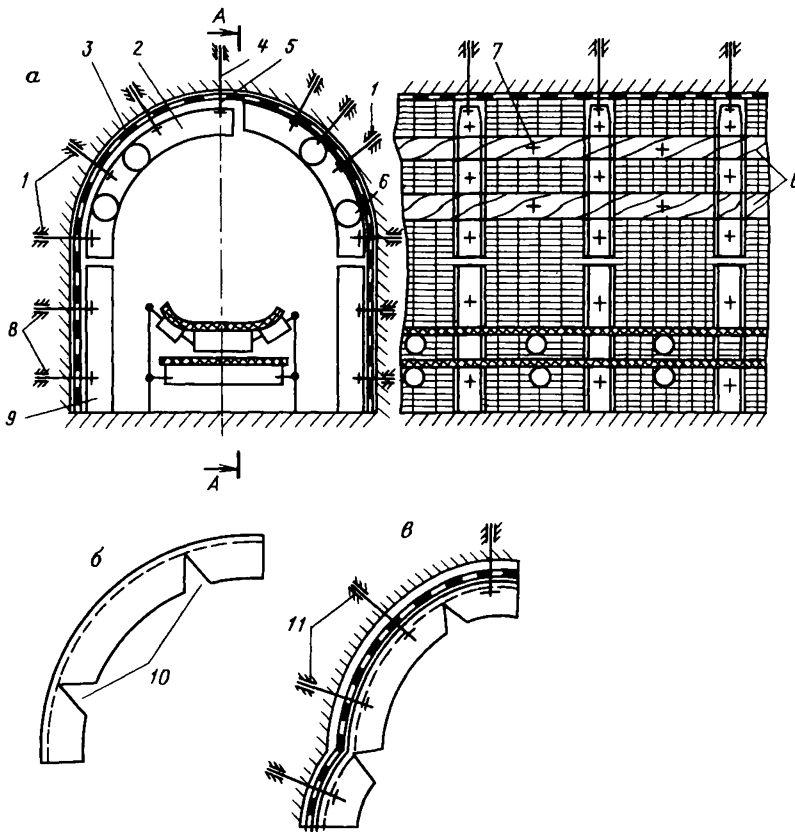


Рис. 8.2. Схемы анкерного крепления выработок с поперечными швеллерными и продольными канатными подхватами и решетчатой затяжкой

## 8.2. Борьба с пучением почвы выработок

Известен опыт использования анкерной крепи для борьбы с пучением почвы выработок.

Обычно поперек выработки укладывают подхваты, которые анкерами вплотную притягивают к почве выработки.

Используют как металлическую, так и железобетонную анкерную крепь, в том числе канатные анкера (опыт Швеции). В последнем случае в донной части скважины образуется расширенная часть, например, путем взрывания камуфлетных зарядов ВВ.

Отрезок каната по сечению выработки вводится непрерывно с образованием петли в донной части скважин. Со стороны почвы выработки канат может укладываться в специальные углубления, что позво-

ляет при необходимости беспрепятственно осуществлять подрывку почвы штрека.

Опыт показал, что анкерная крепь по усредненным данным только на 30—60 % замедляет процесс пучения почвы выработок.

Ниже рассматривается более совершенный вариант использования анкерной крепи для борьбы с пучением почвы выработок, сущность которых заключается в следующем [8]

Анкерная крепь для борьбы с пучением почвы используется совместно с арочной металлической крепью (рис. 8.3, *а*) и корытообразной опорной плиты (рис. 8.3, *б*).

Арочная крепь состоит из левой 1 и правой 2 стоек, верхняка 3, замковых устройств 4, анкеров 5, опорного элемента 6 в виде плиты корытообразной формы со сквозным центральным окном 7 для пропуска излишка пород при их пучении и отверстиями 8 под анкерное крепление, затяжек 9.

Возведение арочной крепи с опорной плитой осуществляется следующим образом.

На определенном расстоянии от забоя штрека вынимается канава соответствующей ширины и глубины. Затем извлекается временная крепь штрека, вместо которой укладывается опорный элемент 6, арка, состоящая из стоек 1, 2 и верхняка 3, которые соединяются между собой с помощью замковых устройств 4. При этом стойки 1 и 2 ставятся против отверстий 8 на опорном элементе и пришиваются к боковым стенкам штрека с помощью анкеров 5. Промежуток между арками выше опорного элемента 6 перетягивается затяжками 9.

Управление данной крепью при пучении породы со стороны почвы штрека осуществляется следующим образом.

Вспученные породы вначале выдавливаются в канаву. При их избытке в канаве они выдавливаются горным давлением в штрек через окно 7 опорного элемента 6. После этого выдавленная порода из-под плиты легко убирается механизированным или ручным способом на подвешенный конвейер. При этом стойки арочной крепи не тонут, а поперечное сечение штрека остается достаточным для безопасной его эксплуатации.

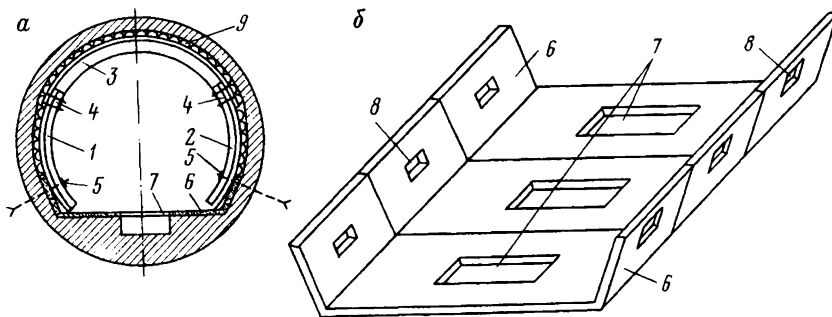


Рис. 8.3. Схема крепления выработок с пучащими породами почвы

### 8.3. Удержание крутых склонов на земной поверхности

Анкерную крепь успешно также используют для удержания крутых склонов в гористой местности, откосов, выемок при прокладке железных дорог и бортов карьеров при открытой добыче угля.

Для удержания склонов в гористой местности используют постоянные анкеры с предварительным натяжением до 1000 кН и заполнением скважин цементным раствором, подаваемым под давлением.

Диаметр скважин принимается в пределах 100 мм. Для большей надежности укрепления склонов донная часть скважин имеет расширенную часть за счет ее разбуривания большим диаметром. Обычно устанавливают несколько рядов анкеров, соединенных между собой металлическими балками. На Трансканадской железной дороге для этой цели использовали железобетонные балки.

Скважины для более удобного заполнения цементным раствором желательнее бурить в нисходящем порядке под углом 15—25° к горизонту. Длина скважин выбирается из расчета расположения большей части длины анкера в устойчивых скальных породах.

В практике известны случаи надежного закрепления постоянных анкеров и в слабых нескальных породах. Так, при сооружении в Москве подземного гаража для укрепления сборных железобетонных стеновых панелей размером 8×1,6×0,5 м при их общей длине 140 м использовали анкеры длиной до 10 м. Грунт, в котором устанавливали анкеры, был представлен водонасыщенными песками с включением гальки и отдельных валунов.

Для установки стержней анкеров вначале образовались цилиндрические отверстия пневмопробойником, а затем бурили скважины станком СБА-500 с выдачей продуктов бурения шнеками. Скважины обсаживались трубами диаметром 114 мм, через которые пропускались стержни и подавался под давлением 1,5 МПа цементный раствор ( $V:Ц = 0,5$ ).

Примером использования анкерной крепи на угольных разрезах при открытой добыче угля может служить опыт шахты «Коксовая» ПО «Прокопьевскуголь».

Известно, что на отдельных участках Прокопьевско-Киселевского района добывают уголь сравнительно небольшими разрезами на выходах мощных пластов. Запасы таких разрезов обычно составляют 400—500 тыс. т, а коэффициент вскрыши равен 6—9.

В таких условиях весьма важно уменьшить объем вскрышных работ, особенно при удалении скальных пород. Такое уменьшение оказалось возможным при использовании анкерной крепи.

Так, при обработке пласта Мощного мощностью 16—30 м с углом падения его почвы 70—80° вскрышные работы по наносам производили шагающим экскаватором ЭШ-4-40.

В почве пласта залегали слои аргиллита общей мощностью 4,9 м с коэффициентом крепости по шкале М. М. Протодяконова 3—4 и

песчаника мощностью 5 м с коэффициентом крепости 4—5.

По мере выемки угля и обнажения почвы пласта двое рабочих с металлического полка 1, перемещающегося от лебедки 2, устанавливали анкеры 3 (рис. 8.4). Применяли анкеры длиной 2,5—1,6 м из стали диаметром 25 мм. Полок имел направляющие опоры. Скважины диаметром 43 мм для анкеров бурили ручным электросверлом ЭРП-5. Каждые три анкера соединяли деревянными распилками длиной 3,5—4,0 м, устанавливаемыми по падению пласта. Расстояние между анкерами по падению и по простиранию пласта составляло 1,5 м, иногда 2 м. Под распилку через каждые 0,5—0,6 м заводили затяжки из горбылей.

На бурение скважины и установку одного анкера затрачивали около 10 мин. Установка одного распилки занимала 15—20 мин. По мере установки анкерной крепи подвесной полок и лебедку 2 передвигали на новое место.

Всего анкерной крепью закрепили почву пласта на протяжении 130 м по простиранию и 20 м по падению, т. е. площадь 2600 м<sup>2</sup>. По предварительным подсчетам применение анкерной крепи дало 200 тыс. руб. экономии.

Использование анкерной крепи на открытых разработках может оказаться целесообразным не только в угольной, но и в рудной промышленности.



Рис. 8.4. Схема анкерного крепления почвы мощного крутого пласта, обрабатываемого открытым способом

#### 8.4. Поддержание межгоризонтных целиков угля

При отработке крутых угольных пластов лавами возникает необходимость поддержания межгоризонтных целиков угля со стороны борта лавы, что наиболее экономично может быть произведено путем установки анкерной крепи. До применения анкерной крепи удержание межгоризонтного целика угля в зависимости от мощности пласта осуществлялось путем применения однорядной или двухрядной стропильной крепи с установкой деревянных подхватов на сопряжении лав с вентиляционными штреками. При этом установка стропильной крепи производится с опережением очистного забоя —2,0 м.

Положительный опыт применения анкерной крепи для удержания межгоризонтных целиков угля послужил основанием использовать анкерную крепь при отработке крутых пластов безлюдным способом

с отбойкой угля зарядами ВВ, расположенными в длинных скважинах, пробуренных параллельно очистному забою.

При отработке крутых пластов с применением щитовых агрегатов типа АЩМ и АНЩ анкерная крепь также используется для усиления рамной крепи вентиляционного штрека, что позволяет обеспечить бескамерный монтаж щита. Так на шахте «Зиминка» ПО «Прокопьевскуголь» для этой цели использовались круглые подхваты длиной 3,5 м, которые устанавливались вдоль штрека и тремя металлическими анкерами распорного типа длиной 1,8 м вплотную прижимались к кровле и почве пласта.

Для монтажа щитового агрегата пласт со стороны почвы штрека вынимается на 4 м, образуя нишу взамен монтажной камеры.

На этой же шахте анкерная крепь успешно использовалась и для монтажа щита с применением гибких подхватов из каната. В этом случае перед извлечением секций крепи между ними под гибкое перекрытие над щитом подводятся гибкие подхваты с установкой анкеров длиной 1,2—1,6 м со стороны почвы и кровли пласта.

Гибкие подхваты представляют собой отрезки канатов диаметром 16—18 мм, снабженные петлями на концах. Длина их равна мощности пласта.

Применение новой схемы демонтажа с использованием анкерной крепи с гибкими подхватами позволило увеличить скорость извлечения секций в 1,5—2 раза [32]

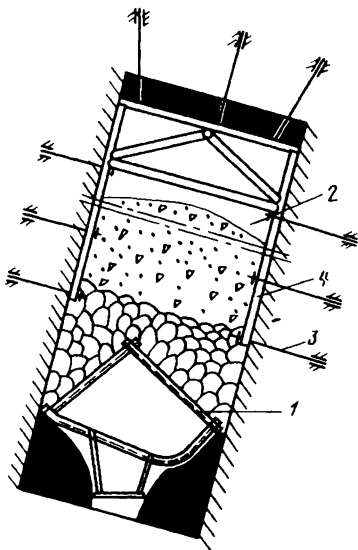


Рис. 8.5. Схема крепления расчески при отработке пласта с применением щитового перекрытия и закладки выработанного пространства

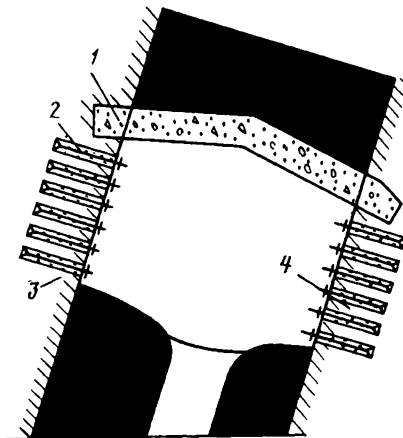


Рис. 8.6. Схема крепления расчески для монтажа щитового перекрытия



При отработке крутых пластов с применением щитов и полной закладкой выработанного пространства для удержания межгоризонтных целиков угля и крепления монтажной камеры также может использоваться анкерная крепь. Так на шахте «Центральная» ПО «Прокопьевскуголь» анкерная крепь для этих целей была использована по пласту Двойному мощностью 2,5—3 м с углом падения 87°

Непосредственная кровля и почва пласта была сложена слабоустойчивыми аргиллитами с  $f = 3$ , основная — аргиллитами средней устойчивости. Щит имел вид шатра 1, который образуется в результате соединения между собой под прямым углом швеллеров № 20 (рис. 8.5).

Монтажная камера 2 имела размеры по простиранию пласта 25 м, по падению — 6 м и была закреплена бортовой крепью 4 и анкерами 3.

Со стороны кровли было установлено семь, со стороны почвы шесть анкеров длиной 2 м. Крепь усиливалась стропильной крепью, установленной под межгоризонтным целиком угля. Расстояние между анкерами как по простиранию, так и падению пласта равнялось 1 м.

Управление боковыми породами осуществлялось полной закладкой выработанного пространства. Закладочный материал в выработанное пространство подавался по скважине диаметром 500 мм самотеком.

На шахте им. Ворошилова ПО «Прокопьевскуголь» при отработке мощного крутого пласта с применением щитов и полной закладки выработанного пространства удержание межгоризонтного целика осуществлялось шатровым перекрытием 1 и железобетонными анкерами 2, установленными в кровлю 3 и почву 4 пласта (рис. 8.6).

## 8.5. Использование анкерной крепи при сооружении шахтных стволов

Шахтные стволы обычно крепят монолитным бетоном. При механизированном способе проходки стволов по скальным породам возможно применение анкеров в качестве временной крепи с последующим возведением постоянной крепи, например, из армированного набрызгбетона.

Анкер-набрызгбетонную крепь целесообразно использовать в сочетании с многослойной арматурой, укрепляемой на выступающих в выработку концах железобетонных анкеров с использованием специальных держателей. По сечению выработки анкера могут иметь различную длину. Анкера длиной 1,5—3 м воспринимают основную нагрузку от горного давления, а промежуточные анкера длиной 0,5—1 м для более плотного прижатия арматуры к стенкам ствола.

Например, с использованием анкер-набрызгбетонной крепи на одной из шахт Кривбасса был пройден ствол под грузопассажирский лифт между горизонтами 1385 и 1237 м по трещиноватым гранитоамфиболовым сланцам с  $f = 14$ .

Проходка восстающих производилась буровзрывным способом в два приема. Сначала проходили снизу вверх с помощью полка КПВ-4Т

выработку сечением  $2 \times 2,2$  м, а затем ствол расширяли до размера  $3,4 \times 2,2$  м.

Для обеспечения безопасности работ при расширении ствола монтировались предохранительные полки в камере подъемной машины и на нулевой площадке. Стенки ствола крепили анкерно-набрызгбетонной крепью. Железобетонные анкеры устанавливали из расчета один анкер на  $1 \text{ м}^2$ . Слой набрызгбетона имел толщину не менее 50 мм. Для нанесения набрызгбетона использовалась машина БМ-60, установленная на гор. 1385 м.

Материалы по стволу к месту работы спускали в бадье вместимостью  $0,75 \text{ м}^3$ . Вспомогательные операции при спуске материалов выполнялись с использованием пневмолебедки ЛПТ-3, установленной на гор. 1245 м.

Нанесение набрызгбетона осуществлялось с верхнего этажа подвесного полка.

Установлено, что при глубине более 1000 м в крепких, но трещиноватых породах образуется зона неупругих деформаций. В этом случае целесообразно применять опережающее упрочнение пород из забоя восстающей выработки.

## **8.6. Укрепление анкерами целиков угля и горных пород**

Для обеспечения устойчивого состояния горных выработок в ряде случаев возникает необходимость усиления целиков угля и пород анкерами, в том числе с дополнительной пропиткой их смолами. Скважины для установки анкеров, как правило, пробуриваются на полную ширину целика и имеют опорные плитки на выступающих в выработку концах анкерных стержней, в которых создается предварительное натяжение путем завинчивания гаек анкеров или использования гидродомкратов.

В США предложен следующий способ упрочнения угольных целиков шириной до 30 м. Из двух соседних выработок 1 и 2 (рис. 8.7) в верхней части целика 3 бурят горизонтальную или наклонную скважину 4, диаметр которой зависит от ее длины. Затем в скважину вставляется металлический стержень 5 (обычно отрезок каната) с резьбой по концам. Канат для этой цели имеет специальные наконечники. С одной стороны на стержень надевается опорная плитка 6, которая прижимается к стенке выработки гайкой 7, с другой монтируется натяжное устройство в виде двух гидравлических домкратов 8, которое после создания в стержне предварительного натяжения и заполнения скважины связующим раствором демонтируется. Связующий раствор 9 нагнетается в скважины насосом 10. Число скважин с анкерами в кровле камеры зависит от конкретных горно-геологических условий. Они могут располагаться параллельно друг другу, одна над другой и под углом.

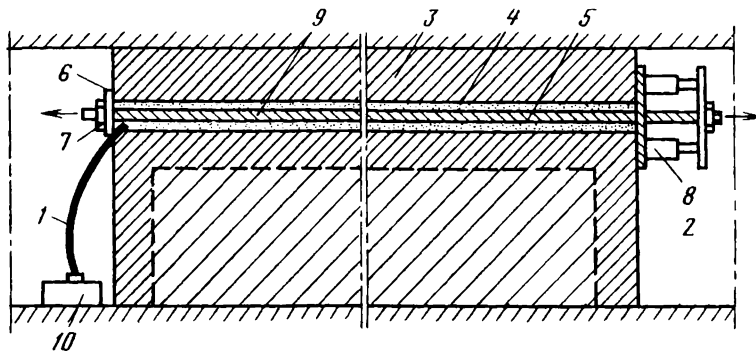


Рис. 8.7 Схема упрочнения угольного целлика, подлежащего частичной выемке

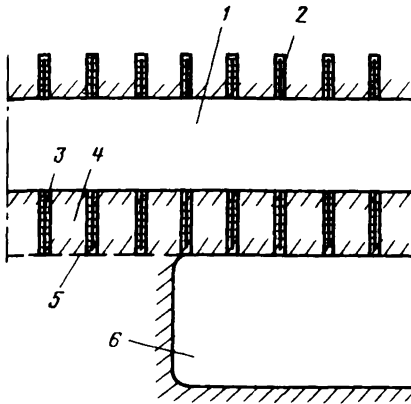


Рис. 8.8. Схема предварительного укрепления массива адгезионными анкерами, размещенными в кровле намечаемой к проходке выработки

На участках примыкания выработок под острым углом может произойти растрескивание породного массива с утратой его несущей способности. Для устранения этого недостатка рекомендуется применять предварительно-напряженную арматуру, состоящую из болтов и анкеров, соединенных гибкими подхватами.

При проведении выработок в слабоустойчивых породах, например, при слоевой выемке полезного ископаемого в нисходящем порядке, Г. Ким и Л. И. Фрей предложили способ предварительного укрепления кровли железобетонными анкерами (рис. 8.8).

После отработки слоя 1 в створе будущей нижерасположенной выработки 6 бурятся нисходящие скважины 2 соответствующей длины и в них устанавливаются железобетонные анкеры 3. Нисходящее расположение скважин позволяет обеспечить качественное и полное их заполнение цементным раствором и надежное укрепление породного массива 4, а следовательно повсеместное крепление кровли 5 до ее обнажения вновь проходимой выработкой 6.

## 9. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНКЕРНОЙ КРЕПИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЦЕЛЕЙ

### 9.1. Временная анкерная крепь

Для защиты людей от возможных обрушений пород в забое или на участке перекрепления выработки возводят временную крепь.

Выбор временной крепи производится в соответствии с конкретными горно-геологическими условиями. Предпочтение отдается простым конструкциям, удобным в установке или основанным на использовании элементов постоянной крепи.

В слабоустойчивых породах применяют поддерживающую временную крепь, включающую винтовые стойки ВК-7 или ВК-8, устанавливаемые под анкерный подхват согласно шагу крепи по паспорту. После затягивания кровли, пробуривания скважин, установки анкеров и надежного закрепления на них подхвата, стойки убираются и переносятся к забою для повторного использования.

При расположении анкерных подхватов вдоль оси выработки — консоль, состоящая из подхватов с крупногабаритной решетчатой затяжкой, до установки анкеров играет роль предохранительного перекрытия. При более устойчивых породах применяется выдвижная или подвесная ограждающая временная крепь.

КузНИУИ разработана временная крепь ВКА, подвеска которой П-образной изогнутой формы обычно из полосовой стали крепится непосредственно к анкеру, что обеспечивает универсальность ее применения в выработках различной формы сечения, при любых анкерных подхватах.

В качестве временной крепи может также использоваться выдвижная труба, которая поддерживается установленной под подхват стойкой типа ВК (через специально приваренный отрезок трубы несколько большего диаметра); конец трубы заглубляется в гнездо, выбранное в забое выработки.

Подвесная крепь рекомендуется для устойчивых пород при необходимости отставания постоянной крепи от забоя (применение железобетонных анкеров с набрызгбетоном). При этом целесообразно скважину для подвески временного подхвата располагать в боку или пяте свода выработки таким образом, чтобы она затем использовалась для установки анкера.

На рис. 9.1, а показана схема использования анкерной крепи на расстоянии до 20 м от забоя для поддержания кровли выработки путем подвески элементов 1 арочной крепи. Для этой цели используют анкеры 2, которые устанавливают через заранее сделанные отверстия в арках. За проходческим комбайном устанавливаются ножки 3 рамной арочной крепи, а анкеры извлекаются и используются повторно.

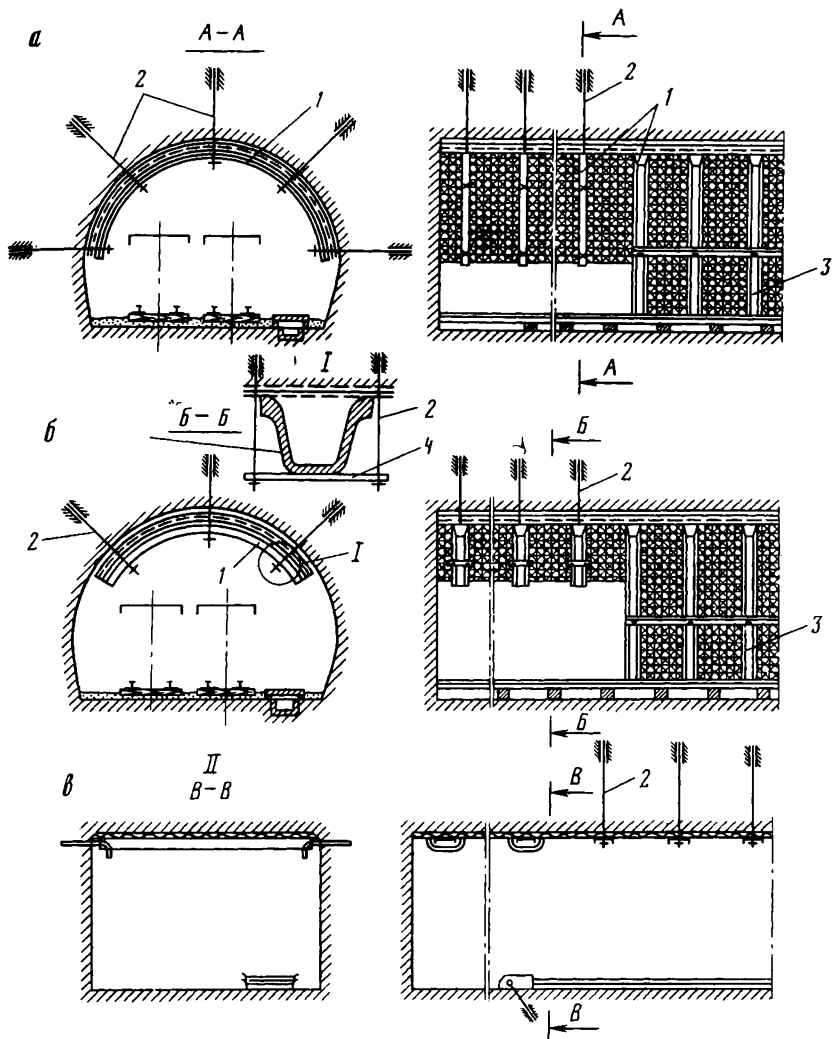


Рис. 9.1. Варианты использования анкеров в качестве временной крепи

На рис. 9.1, б показан вариант использования анкерной крепи в качестве временной, отличающийся от ранее приведенного тем, что верхняя арочная крепь подвешивается к кровле выработки на спаренных анкерах с использованием планок 4, что позволяет обойтись без образования отверстий в верхних частях.

При крепких породах кровли в качестве временной может использоваться закладная анкерная крепь П-образной формы, которая сво-

бно устанавливается в спаренные скважины, пробуренные в боковые стенки выработки, а на ее вогнутую часть устанавливается анкерный подхват, обычно из швеллера (рис. 9.1, *в*) и кровля перетягивается затяжками, преимущественно крупногабаритные сварные решетки. Приведенный вариант использования анкерной крепи в качестве временной позволяет осуществить быструю ее установку путем бурения скважины в боковые стенки выработки, например, в угольный массив, а анкеры легко извлекаются для повторного использования после установки постоянной анкерной крепи на определенном расстоянии от забоя позади проходческого комбайна.

Преимуществом временной анкерной крепи является также и то, что она не выбивается взрывной волной в случае проведения выработок буровзрывным способом. Это особо важно при проведении выработок по породе большего поперечного сечения.

## 9.2. Укрепление анкерами горношахтного оборудования

Высокая прочность закрепления анкеров (50—100 кН и более) в породах с  $f=3$  и выше позволили широко использовать ее для укрепления горношахтного оборудования.

Так, анкерная крепь используется для укрепления стационарных барьеров, что гарантирует безаварийную работу в наклонных горных выработках в случае ухода вагонеток из-за обрыва сцепки или каната.

Для установки стационарного барьера раздвижные стойки *1* спаренными анкерами *2* укрепляются к кровле и почве выработки, на которых размещается барьер *3*, имеющий возможность открываться по ходу движения вагонеток (рис. 9.2, *а*) Выработки в этом случае могут быть закреплены как анкерной, так и другими видами крепи.

Для возведения противопожарных перемычек по контуру выработки делают вруб, обычно взрывным способом, который служит упором.

При использовании анкерной крепи взамен вруба по контуру выработки устанавливают швеллеры *4* на анкерах *2*, а для придания перемычки требуемой герметичности пространство *5* заполняется цементным раствором (рис. 9.2, *б*).

Своими полками швеллеры обращены внутрь выработки, между которыми и располагается перемычка из кирпича *5*.

Для установки в выработках вентиляторов местного проветривания *6* дополнительно устанавливают анкеры *2*, которые соединяются с Г-образной подвеской *7*, имеющей кольцо для шарнирного соединения с корпусом вентилятора посредством болта *8* (рис. 9.2, *в*).

Для укрепления приводных головок ленточных конвейеров *9*, включающих редуктор *10* и электропривод *11* используется опорная железобетонная плита *12*, которая анкерами *2* вплотную прижимается к почве выработки (рис. 9.2, *г*) Например, при строительстве Депутатского ГОК ПО «Якутзолото» анкерной крепью были укреплены фундаменты под лебедки и подъемные машины. Анкерная крепь в этих условиях

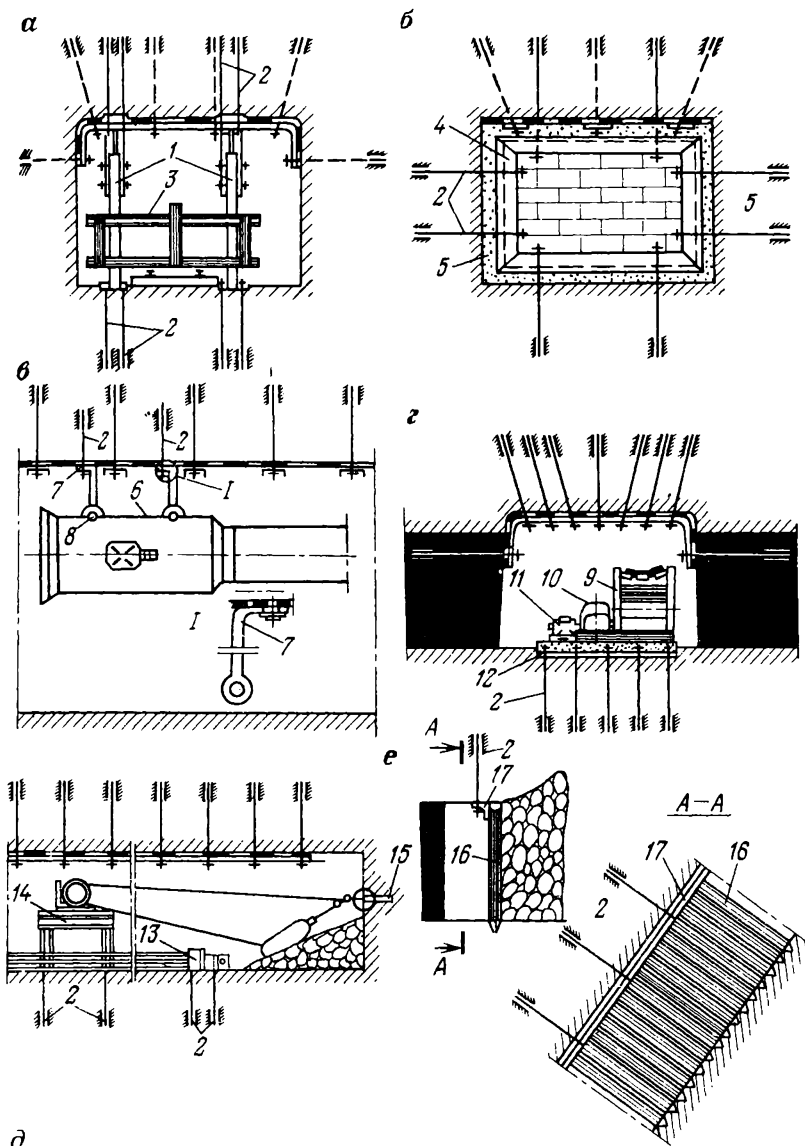


Рис. 9.2. Варианты использования анкеров:

а — для устройства стационарных барьеров; б — для возведения противопожарных перегородок; в — для подвески вентиляторов; г — для крепления приводных головок ленточных конвейеров; д — для крепления приводных и хвостовых головок скребковых конвейеров, е — для повышения устойчивости органичной крепи

была применена с целью исключения нарушения связи фундамента с грунтами при их оттаивании. Для закрепления армирующих стержней применили песчано-цементный раствор М200.

При укреплении пород с отрицательными температурами использовали противоморозные добавки — хлористый кальций  $\text{CaCl}_2$  в количестве 4 % и нитрат натрия  $\text{NaNO}_2$  в количестве 4 % от массы цемента. Диаметр армирующих стержней составлял 20 мм, диаметр скважин под анкеры — 100 мм.

Расстояние между анкерами вдоль фундамента равно 835—1410 мм, что объясняется различной нагрузкой на фундамент в разных ее частях.

Подвеска става ленточного конвейера к анкерам является одним из эффективных способов монтажа транспортных средств. В этом случае по кровле выработки бурят два ряда скважин через 3—4 м, закрепляются в них анкеры, на наружные концы стержней надевают кронштейны конвейера или подвешивают канаты, которые фиксируются с помощью шайбы и гайки.

В случае необходимости под кронштейны помещают деревянные прокладки соответствующей толщины.

Приводные и натяжные головки 13 скребковых конвейеров прикрепляются к почве выработки анкерами 2.

Обычно устанавливают четыре анкера по два с каждой стороны головки (рис. 9.2, *д*).

При скреперной погрузке горной массы на конвейер маневровая лебедка монтируется на подставке 14, которую крепят анкерами 2 к почве выработки.

Блок у плоскости забоя 15 подвешивается на анкере, состоящем из двух клиньев. Для закрепления блока клин имеет кольцо. Для извлечения анкера из скважины по выступающему концу клина наносят удары ручным инструментом. Такой вариант укрепления направляющих блоков при скреперной доставке угля впервые был применен в Кузбассе на шахте им. Ворошилова ПО «Прокопьевскуголь».

При выемке угля на крутых пластах тонких и средней мощности управление кровлей часто производится обрушением на однорядный органной ряд 16. Для предотвращения выдавливания органного ряда в сторону забоя рекомендуется со стороны кровли пласта у органного ряда устанавливать прогоны 17 на анкерах 2 (рис. 9.2, *е*).

В качестве прогонов могут использоваться уголки, пластины, однорезки из дерева и т. п.

Для придания устойчивости рамной крепи, устанавливаемой в наклонной выработке, отдельные рамы через каждые 10 м усиливаются тремя парами анкеров, располагаемых в кровле и боках выработки.

С целью предотвращения выбивания рам при производстве взрывных работ в забое могут использоваться так называемые штыревые анкеры, представляющие собой стержни диаметром 30—32 мм длиной 1—1,2 м с отогнутыми концами на длине 150—200 мм.

Известны случаи использования анкерной крепи для подвешивания различных трубопроводов. Так, на шахте «Коксовая» ПО «Прокопьевск-



уголь» металлические анкеры 1 длиной 1,6 м использовались для подвески гидрозакладочных трубопроводов, смонтированных в наклонных выработках. Расстояние между анкерами составляло 3,3 м (рис. 9.3).

Трубопровод через хомут 3 подвешивался к выступающему в выработку концу анкера 1 с помощью опоры 2 и болта 4.

Метод закрепления анкерами элементов армировки шахтных стволов широко распространен в ПНР [10].

Из-за возможных отклонений стволов по вертикали расстрелы крепили анкерами к крепи ствола с использованием специальных консолей. Наилучшие результаты были получены при закреплении в скважинах стержней анкеров полиэфирными смолами.

Консоли изготавливают литьем трех типоразмеров для главных и вспомогательных расстрелов. Скважины под анкеры бурят через отверстия в койсолях перпендикулярно к торцевой плите консоли. Установлено, что продолжительность армирования ствола с укреплением расстрелов анкерами примерно в 2 раза ниже, чем при установке расстрелов в лунках.

За последнее время накоплен значительный опыт строительства заглубленных сооружений способом принудительного погружения, который использован более чем на 30 объектах метростроя [9]

Указанный способ рекомендуется применять при возведении сооружений, заглубляемых на 20 м и более, когда необходимо обеспечить строгую их вертикальность.

Способ возведения таких сооружений базируется на задавливании опускной крепи гидродомкратами взаимодействующими с опорным воротником.

В обычном исполнении опорный воротник представляет собой громоздкую конструкцию. При строительстве ствола в г. Ленинграде, где

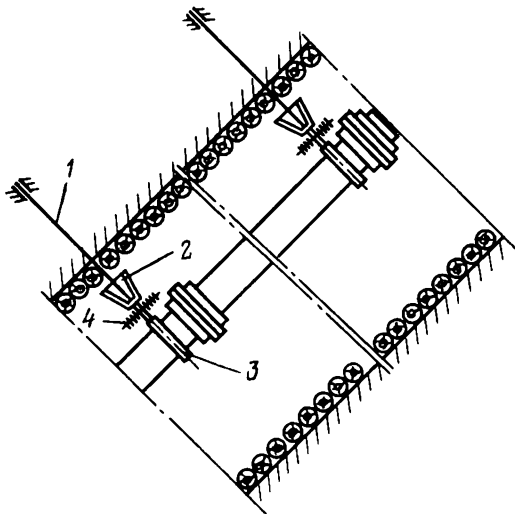


Рис. 9.3. Схема подвески к анкерам закладочного трубопровода, размещенного в наклонной выработке

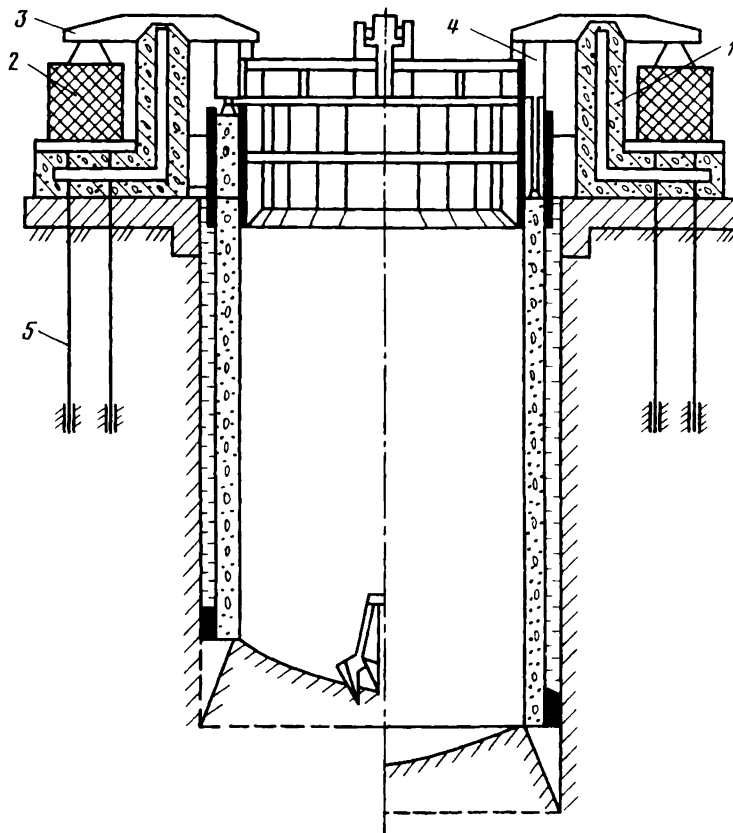


Рис. 9.4. Схема укрепления анкерами опорного воротника погруженной крепи

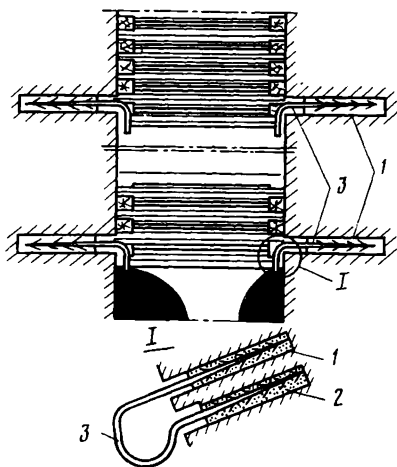


Рис. 9.5. Схема использования анкеров в качестве опор венцовой крепи, устанавливаемой в наклонной выработке

плавунные породы залегают близко к поверхности земли, был применен опорный воротник (рис. 9.4) из сборно-разборных уголкового элемента 1 с балластной пригрузкой 2 и двух консольных балок 3 для создания опор гидродомкратом 4.

Устойчивость уголкового воротника обеспечивалась путем установки анкеров 5.

Применение анкеров позволило значительно облегчить массу опорных воротников и повысить их устойчивость.

На практике известны случаи проведения печей по пластам угля по заранее пробуренным скважинам диаметром 500—800 мм с использованием венцовой крепи. В этом случае через 1,5—2 м подвигания забоя в прямки укладывают опорный венец, а затем возводят венцовую крепь. На шахте «Тайбинская» ПО «Киселевскуголь» вместо выемки прямков для опорного венца предложили использовать анкерную крепь конструкции «ЗШ» с деревянной пробкой. Наилучшим решением является использование петлевых анкеров (рис. 9.5), имеющими завершенные пики 2 по концам анкера и петлю 3 средней части, отогнутую под углом 90°

После пробуривания скважин 1 вставляются деревянные пробки 2 и в них забивается армирующий стержень 3. Для укладки опорного венца анкера устанавливаются в стенках печи напротив друг друга.

Опыт шахты «Тайбинская» ПО «Киселевскуголь» показал, что применение анкерной крепи для закрепления опорных венцов позволяет устранить опускание венцовой крепи из-за обрушения пород вокруг прямков, устранить производство буровзрывных работ для взятия прямков, снизить расход взрывчатых веществ, сократить время проветривания забоя.

Кроме описанных случаев, анкерная крепь используется для укрепления лент гибкого перекрытия со стороны кровли и почвы пласта при комбинированной системе разработки пластов мощностью более 5—6 м с углом падения 35—65°, для подвески роликовых опор канатно-кресельных дорог, для закрепления шахтных маневровых лебедок при напочвенной транспортировке материалов и монтажных устройств.

Использование анкеров для закрепления горношахтного оборудования позволяет сохранить свободным рабочее пространство и улучшить условия труда на монтажных и погрузочных работах.

### 9.3. Укрепление анкерами проходческих лебедок

В настоящее время периодические лебедки грузоподъемной силой 50 и 100 кН, предназначенные для подвески, спуска и подъема оборудования при проходке ствол шахт крепятся при помощи 4—6 болтов к сборно-разборным фундаментам конструкции ВНИИОМШСа и Донгипрооргшахтострой.

Значительные размеры и масса фундамента обуславливают высокую трудоемкость монтажно-демонтажных работ и требуют использо-

вания машин и кранов большой грузоподъемности, применение которых не всегда возможно из-за ограниченности пространства для их маневра на промплощадках шахт, находящихся на реконструкции.

При обычном закреплении проходческих лебедок масса фундаментов из железобетонных блоков составляет 20,36—66,5 т, а с учетом металлических монтажных элементов 20,7—67,56 т.

Для определения возможности использования безфундаментного способа установки проходческих лебедок КузНИУИ совместно с проходческим ШПУ проведены испытания железобетонных анкеров длиной 1 и 1,5 м, закрепленных в насыпном грунте.

Скважины диаметром 43 мм бурили ручным электросверлом ЭР-18ДМ через слежавшийся насыпной грунт, а скважины диаметром 150 мм — самоходной установкой УКБ-200/300 на пневматическом ходу через насыпной растительный грунт и плотную глину. В качестве арматуры использовали металлические прутки диаметром 16 и 20 мм, имеющие на одном конце клиновую форму. В одном из стержней анкера были просверлены в двух взаимноперпендикулярных плоскостях отверстия, через которые пропускали отрезки стального каната диаметром 8 мм и длиной 200 мм. Связывающим материалом служил шлакопортландцемент марки М-150 и М-300 Новокузнецкого цементного завода.

Приготовление цементно-песчаного раствора производили со следующим соотношением компонентов по объему Ц:П = 1:2 и В/Ц = 0,5. Время выдержки установленных в грунте анкеров составляло 30 сут.

Испытания показали, что несущая способность железобетонного анкера, установленного в грунте, зависит от диаметра скважины и длины стержня. Для данных условий усилия, вызывающие отрыв грунта от массива, достигали при длине анкера 1 м около 40 кН, а при длине 1,5 м — 67 кН.

Сопоставительные расчеты показали, что способ крепления лебедок железобетонными анкерами длиной 1,8 и 2 м, установленными в скважинах диаметром 150 мм, является не менее надежным, чем базовый вариант крепления лебедок к сборно-разборному фундаменту и может быть рекомендован к внедрению.

Промышленные испытания способа крепления проходческих лебедок с помощью железобетонных анкеров, устанавливаемых в насыпной и естественный грунт впервые проведены ШПУ на промышленной площадке шахты «Киселевская» ПО «Киселевскуголь» при проходке юго-восточного вентиляционного ствола глубиной 245 м и диаметром в свету 6 м.

Грунт в местах установки лебедок представлен в интервале 0,15—0,2 м почвенно-растительным слоем, 0,2—0,4 м насыпным грунтом из горельника и обломков пород, перемешанных с глиной 0,4—4 м микропористым влажным лессовидным суглинком с обломками пород. В местах установки лебедки производили горизонтально планировку и разметку центров скважин в соответствии с расположением отверстий в раме лебедки. Бурение скважин на глубину до 2 м осуществляли установкой БМ-204. После удаления буровой мелочи вводили в скважи-

ны стержни, расклинивали их деревянными распорками. Заполнение скважин бетонной смесью М-150 производили отдельными порциями с тщательным уплотнением каждого слоя высотой 200 мм. Верхнюю часть скважины на длине 80—100 мм заполняли бетоном после удаления деревянных распорок. На уровне нулевой отметки устанавливали концентрично скважине отрезки металлических труб диаметром 160 мм и высотой 30—50 мм. Затем производили доливку бетона до заполнения кольцевого пространства между стержнем и отрезком трубы. На торец бетонной опоры, выступающей из устья скважины, укладывали резиновую прокладку. Установку лебедок и затяжку гаек анкеров с усилием 40—50 кН производили спустя 10 дней после заливки скважин бетонной смесью.

Хронометражными наблюдениями установлено, что на монтаж фундамента и лебедки по обычной технологии задалживают 112—120 чел.-ч. а по новой технологии монтаж лебедки производят за 9,9 чел.-ч. К достоинствам данного способа крепления следует отнести также возможность установки лебедок на любом месте независимо от рельефа поверхности, незначительные материальные затраты и транспортные расходы.

## **10. АНКЕРНАЯ КРЕПЬ ПРИ ОЧИСТНОЙ ВЫЕМКЕ**

### **10.1. Очистная выемка с оставлением охранных целиков**

Выемка угля с оставлением охранных целиков при камерной и камерно-столбовой системах разработки получила наибольшее распространение в США, Канаде, Австралии, то есть в странах, в которых разрабатываются преимущественно пласты пологого залегания, находящиеся в среднем на глубине 150 м. Ежегодно в горной промышленности США для крепления выработок расходуется 120 млн. анкеров, причем большая часть из них в угольной промышленности.

В США для выемки пологих пластов широко используют камерную систему разработки с частичной выемкой межкамерных целиков угля. Мощность разрабатываемых пластов составляет преимущественно 1—4 м. При ширине камер 6 м ширина целиков между ними равна 15—20 м, выемка которых производится комбайнами обратным ходом без крепления призабойного пространства с доставкой угля посредством пневмоколесного транспорта большой грузоподъемности до 12—20 т.

Использование высокопроизводительных средств механизации для выемки угля (комбайнов типа Континиус майнер) и самоходных машин для возведения анкерной крепи позволяет обеспечить высокую нагрузку на забой. Средняя производительность труда по шахте, включая рабочих на поверхности, составляет 10 т/смену.

При креплении камер анкерами стремятся подшить непосредственную кровлю к прочным слоям основной породы. Длина анкеров в боль-

шинстве случаев составляет 1,2—1,8 м, расстояние между анкерами как в продольном, так и поперечном направлениях преимущественно 1,2 м.

В горной промышленности США в 75 % случаев используются анкеры с механическим замком при диаметре стержня 16 мм. При возведении анкерной крепи в их стержнях создается предварительное натяжение порядка 70—80 кН с целью предупреждения расслоения пород кровли.

У нас в стране камерная система разработки получила распространение преимущественно при добыче горючих сланцев в условиях шахт ПО Эстонсланец и Ленинградсланец.

Анкерная крепь для крепления подготовительных выработок и камер при очистной выемке на сланцевых шахтах Эстонского месторождения применяется с 1953 г. В настоящее время используются анкеры с клиноконической головкой ЭС-2Э.

В настоящее время на шахтах объединения в очистных и подготовительных выработках устанавливается более 1500 тыс. комплектов анкеров, из них извлекается и повторно используется более 900 тыс. штук.

Применение анкерной крепи позволило облегчить механизацию добычи сланца из очистных забоев камерных блоков (ежегодно из камерных блоков добывается более 9 млн. т товарного сланца, или 73 % очистной добычи), увеличить в 4 раза производительность труда горнорабочего очистного забоя, снизить расход леса с 7,5 до 0,6 м<sup>3</sup> на 1000 т добычи и в 2 раза уменьшить стоимость 1 т добываемого сланца.

Столб для выемки сланца 600×300 м располагается между двумя сдвоенными панельными штреками и подготавливается путем проведения сборного и двух бортовых штреков. По обе стороны от сборного штрека нарезают две поперечные камеры шириной 7—9 м. Затем от поперечных камер проходят продольные заходки длиной 3,6—4 м, соединяемых между собой поперечными заходками с образованием столбчатых междукамерных опорных целиков.

Основная кровля поддерживается за счет наличия опорных междукамерных целиков, а непосредственная кровля в очистных камерах анкерной крепью.

Комплект оборудования для разработки камерного блока обычно состоит из пяти погрузочных машин 1ПНБ-2, двух бульдозеров Д-535, четырех самоходных перегружателей, двух врубовых машин «Урал-33»; двух скребковых конвейеров СП-80, двух конвейеров СП-63М, ленточного конвейера КЛЗ-500 и ручных электросверл СЭР-19М. Среднесуточная нагрузка на камерный блок при двухсменном режиме колеблется от 2100 до 2550 т горной массы, или от 1350 до 1600 т товарного сланца. Сменная производительность труда рабочих составляет 52—53 т горной массы или 33—34 т товарного сланца.

Для предотвращения внезапного обрушения основной кровли В. С. Ундукс предложил использовать сочетание уменьшенных и увеличенных целиков сланца. Для плавного опускания основной кровли часть

уменьшенных целиков взрывают. Это приводит к увеличению нагрузок на соседние уменьшенные целики и их разрушению с последующим обрушением пород кровли.

При отработке пологих пластов угля мощностью 0,8—3,5 м гидроспособом анкерная крепь используется для крепления транспортного, аккумулярующего, восстающих, вентиляционного и блоковых штреков. Напорная вода для разрушения угля в подготовительном забое гидромонитором и в очистном подается по магистральному трубопроводу.

Для большей безопасности работ управление гидромонитором производится дистанционно с расстояния 10—15 м.

Управление кровлей производится путем частичной выемки гидромонитором целика угля со стороны выработанного пространства. Для придания большей устойчивости штрекам предусматривается анкерование боковых стенок. Отбойка угольного массива осуществляется струями воды высокого давления (7,5—9,5 МПа).

На Урупском руднике с целью снижения разубоживания руды, повышения интенсивности очистной выемки анкерную крепь применяют также для укрепления пород всячего бока при камерно-столбовой системе разработки. Угол падения рудного тела равен 15—25° мощность 2—3 м.

Породы всячего бока сложены кремнистыми сланцами, измененными туфами кварцевых альбитофиров. Параметры анкерной крепи: глубина анкерования пород — 1,6 м, сетка анкерования 0,8×0,8 м. Крепление кровли очистных камер анкерами позволило снизить разубоживание руды на 5 % и повысить интенсивность очистной выемки на 10 %.

Подготовка рудного тела и выемка осуществляются по полевой схеме подготовки путем проведения полевых штреков. В пределах рудного тела проходятся погрузочные выработки. Междуканнерные целики имеют ширину 3 м, а камеры — 6 м.

## **10.2. Очистная выемка с полной закладкой выработанного пространства**

Анкерная крепь в ряде случаев достаточно успешно используется для выемки полезных ископаемых с полной закладкой выработанного пространства, особенно на рудниках с использованием твердеющих материалов.

Твердеющая литая закладка получила распространение при отработке рудных месторождений как у нас в стране, так и за рубежом. За рубежом твердеющую закладку применили еще в 1924 г. на руднике «Браклан», в бассейне Вит Ватерсанд (ЮАР). В настоящее время она применяется на рудниках Канады, США, ЮАР, Швеции, ПНР, ЧССР и других стран.

При добыче руд цветных металлов за рубежом удельный вес твердеющей закладки, например, в ЮАР, составляет до 95 %, в ФРГ и Франции — до 80 %. У нас в стране ее применяют при добыче цветных и черных металлов.

Одним из первых предприятий, применившим системы разработки с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями, является Гайский рудник.

Твердеющую закладку с использованием доменных шлаков, цемента (в качестве активизатора) и местных песков на рудниках применяют с 1964 г. Закладку готовят на установке производительностью 50 м<sup>3</sup>/ч.

Такая твердеющая закладка дешевле бетонной и не уступает ей по прочности. Затраты на закладочные работы не превышают 3,5 руб/м<sup>3</sup>, прочность закладочного массива в шахтных условиях в возрасте 6 месяцев составляет 3—6 МПа.

Внедрение систем разработки с твердеющей закладкой на Текелийском месторождении позволило ликвидировать пожароопасное состояние на руднике, увеличить производительность, резко сократить потери и разубоживание руд.

Работы по закладке отработанных камер начались в 1962 г. Объем добычи руд в 1988 г. по сравнению с 1976 г. возрос в 5,5 раза.

На Лениногорском полиметаллическом комбинате добыча руды с твердеющей закладкой в 1988 г. по сравнению с 1971 г. увеличилась в 3 раза, а удельный вес этих систем разработки составил 75 %. На Белоусовском руднике Иртышского полиметаллического объединения свыше 40 % руды добывается системой разработки горизонтальными слоями с закладкой.

В больших объемах применяется твердеющая закладка на рудниках Норильского и Джезказганского горнометаллургических комбинатов.

Так, на Джезказганском руднике для приготовления закладочной твердеющей смеси построена установка с годовой производственной мощностью 350 тыс. м<sup>3</sup> готовой смеси.

На многих рудниках действуют или строятся закладочные комплексы непрерывного действия с производительностью 30—380 м<sup>3</sup>/ч готовой смеси.

На Медянском руднике золоторудное месторождение обрабатывается с полной закладкой выработанного пространства, на Кочкарском руднике системами разработки с закладкой добывается более 50 % всей руды.

Ниже рассматривается ряд вариантов выемки полезных ископаемых с использованием твердеющей литой закладки и анкерной крепи. Так, при разработке месторождений горизонтальными слоями с твердеющей закладкой выработанного пространства и выемкой полезного ископаемого 1 снизу вверх сечение очистных выработок ограничено устойчивостью руд. При укреплении массива анкерной крепью 2 (рис. 10.1) ширину очистных выработок 4 представляется возможным увеличить в 1,5—2 раза, что значительно снижает объем горно-подготовительных работ, увеличивает фронт работ для высокопроизводительного самоходного оборудования значительно повышая интенсивность очистной выемки. В качестве армирующих целесообразно применять деревянные или стеклопластиковые стержни. Укрепляя анкерами массив, который в послед-



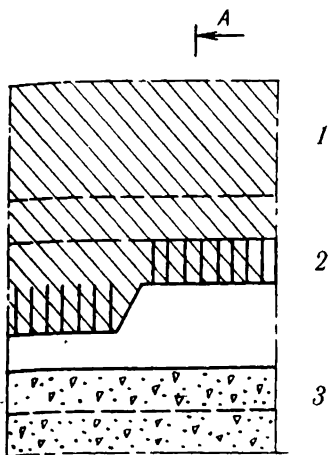


Рис. 10.1. Система разработки мягких пластов гидравлическим способом с креплением нарезных выработок анкерной крепью

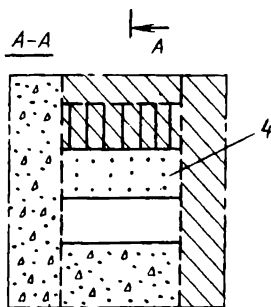
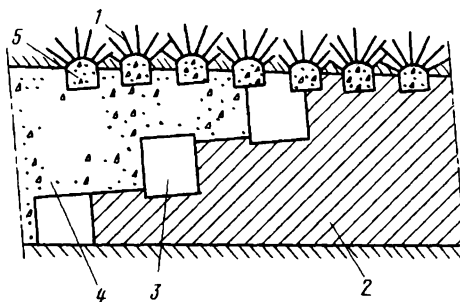


Рис. 10.2. Схема крепления камер анкерами на Урупском руднике



ствии разрушается буровзрывным способом, эти разновидности армирующих стержней при относительно низком усилии среза поперек волокон обладают достаточной несущей способностью. В процессе обогащения руды стержни из указанных материалов легче извлекаются (например, по сравнению с металлическими). Кроме того, при закреплении полимерным составом деревянного армирующего стержня, последний, пропитываясь раствором, увеличивает свою прочность на разрыв на 5—10 % и не подвергается гниению.

На рудниках Джезказганского ГМК и комбината «Ачполиметалл» основными видами крепей при креплении очистных камер являются анкерная и анкерно-набрызгбетонная.

На рудниках ПО «Армзолото» анкерную крепь применяют и как временную при креплении капитальных выработок, которые затем крепят монолитной бетонной крепью. Так, на Зодском руднике кольцевую выработку штольни в период проходки крепили анкерной крепью, а затем возвели постоянную монолитную бетонную крепь. Это позволило увеличить скорость проходки в 1,3 раза. На руднике «Октябрьский» Норильского ГМК благодаря применению анкерной крепи в качестве

временной, были сокращены сроки ввода в эксплуатацию рудника в 2 раза и получен экономический эффект более 2 млн. руб.

Анкерная крепь на рудниках Норильского ГМК применяют для увеличения устойчивости подкровельных слоев и снижения разубоживания руды при разработке мощных рудных залежей (рис. 10.2) Проходят опережающие выработки 5 и укрепляют их кровлю анкерами 1, производят подачу твердеющей закладки 4. После этого производят очистную выемку в пределах горизонтальных камер 3 полезного ископаемого 2.

На Урупском руднике для укрепления целиков между дучками на горизонте скреперования применили железобетонную анкерную крепь с опорными элементами из листовой стали. Это позволило увеличить срок службы выпускных дучек в 2—3 раза, повысить интенсивность очистной выемки в пределах блока до 10 %. Аналогичное крепление горизонта доставки (скреперования) руды применяется на руднике «Молибден» и рудниках Криворожского бассейна.

При разработке жильных меторождений крутого падения с магазинированием руды анкерную крепь применяют для укрепления неустойчивых пород висячего бока. Это снижает разубоживание руды и повышает качественные показатели очистной выемки. Такое применение анкерной крепи при очистных работах находит применение на рудниках Садонского свинцово-цинкового комбината.

На руднике «Комсомольский» анкерную крепь применяют для укрепления кровли подсечки при отработке ценных руд системами горизонтальных слоев с твердеющей закладкой при восходящей выемке полезного ископаемого.

В связи с тем, что контакт между породами кровли и рудой очень слабый, перед очистной выемкой производят подсечку, укрепляют кровлю анкерами и затем начинают слоевую выемку руды снизу вверх. После выемки двух слоев пространство первого слоя закладывают твердеющей закладкой и обрабатывают третий слой. Очистную выемку производят в указанной последовательности вплоть до последнего слоя. При отработке последнего слоя исключаются неожиданные вывалы приконтурного слоя, что снижает разубоживание ценной руды до 2 % и повышает безопасность работ. Параметры анкерной крепи: глубина анкерования пород — 1,8 м, сетка анкерования 0,8×1,0 м.

Отбойка руды в горизонтальном слое производится буровзрывным способом. Отбитая руда транспортируется по слоевой выработке.

Анкерную крепь применяют и для укрепления закладочного массива при отработке полезных ископаемых системами разработки горизонтальными слоями.

При отработке мощных пологопадающих месторождений, кровля которых представлена неустойчивыми породами 1 (рис. 10.3), вначале создают искусственную кровлю 2 повышенной прочности в следующей последовательности.

Осуществляют рудную подсечку по верхнему контакту с породами и производят заполнение этого пространства песчано-цементной смесью.

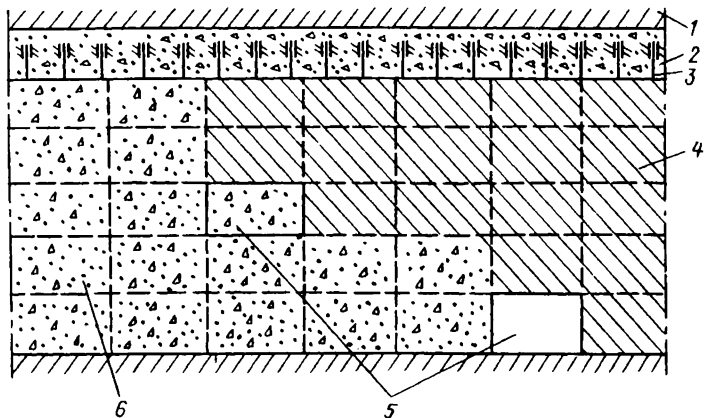


Рис. 10.3. Крепление анкерами горизонтальных полос при разработке рудного тела снизу вверх с закладкой выработанного пространства

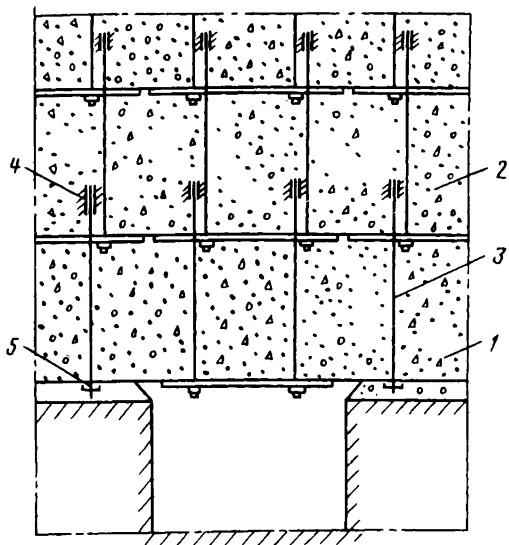


Рис. 10.4. Схема анкерной крепи опережающих выработок при разработке рудного тела с применением твердеющей закладки

Для повышения несущей способности искусственной кровли, перед закладкой выработанного пространства на ее почву устанавливают анкеры 3. Выемка полезного ископаемого производится в пределах полосы 4 горизонтальными заходками 5 в восходящем порядке, затем в выработанное пространство 6 подают закладочный материал. Такие варианты отработки месторождений полезных ископаемых применяют на рудниках Норильского ГМК и ПО «Армзолото».

На основе анализа существующих конструкций подвесных крепей очистных и нарезных выработок Свердловским горным институтом предложен новый способ крепления горизонтальных слоев с использо-

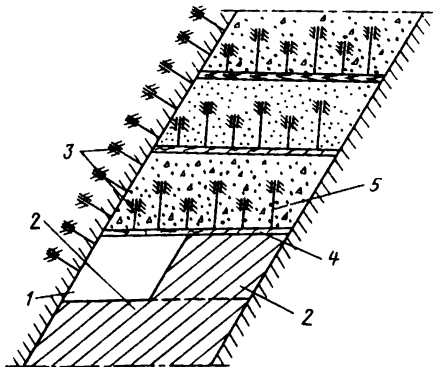


Рис. 10.5. Схема анкерной крепи подсечки при разработке мощного рудного тела слоями в восходящем порядке с закладкой выработанного пространства

бежной практике при отработке крутопадающих месторождений также применяют анкерную крепь для повышения устойчивости закладочного массива и пород висячего бока.

На руднике «Фалу» (Швеция) при отработке целиков применяют почвоуступную систему разработки с твердеющей монолитной закладкой и заанкерванной кровлей. Высота слоя 3,35 м, ширина 2,44 м. Месторождение отработывают сверху вниз горизонтальными выемочными слоями последовательно в две заходки 1 и 2 (рис. 10.5). После выемки заходки 1 горизонтального слоя производят укрепление неустойчивых пород железобетонной анкерной крепью 3. После отработки заходки 2 слоя на ее почву укладывают деревянные прогоны 4 диаметром 100—200 мм через каждые 2,1 м по ширине выработки и устанавливают анкеры 5 диаметром 19 мм длиной 1,5 и 2,4 м. Затем закладывают выработанное пространство. Закладочная смесь включает цемент и хвосты обогащения в соотношении 1:10 по массе и воду.

## 11. РАСЧЕТ АНКЕРНОЙ КРЕПИ

Расчет анкерной крепи сводится к определению размеров области деформации (разрушения) массива вокруг выработки, величины нагрузки на крепь, несущей способности составных элементов крепи, длины и плотности установки анкеров. Рассмотрим результативные формулы расчета конструкций крепей на прочность и величины горного давления, формирующегося в осадочных породах при проведении выработок.

Знания нагрузок на анкерную крепь позволяют рассматривать пластовые отложения состоящими из слоистых горных пород различного литологического состава, ослабленных природными трещинами, которые

ванием анкерной крепи при отработке пластов горизонтальными слоями с твердеющей закладкой (рис. 10.4)

В этом случае нижележащий слой твердеющей закладки 1 подвешивается к слою 2 анкерами 3, замки которых 4 располагаются в вышележащем слое. Нижние концы 5 стержней анкеров, на которых нарезана резьба, заглубляются в слой раздробленной породы на почве выработки. Для установки анкеров в закладочный массив вышележащего слоя бурят скважины и закрепляют анкеры 3 своей верхней частью 4. В зару-

после проведения выработки утрачивают механическую связь между слоями, прогибаются и под действием собственного веса, а также давления со стороны покрывающих толщ пород отделяются от устойчивой части массива с образованием свода естественного равновесия. В пятах свода под действием гравитационных сил и опорного давления, связанного с проведением выработки и влиянием очистных работ, защемленные слои пород независимо от угла их падения работают на сжатие. Причем концентрация сжимающих напряжений в этой области зачастую достигает значений, превышающих прочность горных пород, что приводит к их разрушению и отжиму внутрь выработки. Давление на анкерную крепь определяется главным образом силой тяжести разрушенных пород и зависит от формы, размеров и глубины заложения выработки, интенсивности влияния очистных работ, угла падения, прочности, трещиноватости, слоистости и ползучести горных пород.

Приведенные методы расчета предусматривают размещение анкеров в своде и пятах свода естественного равновесия. Несущая способность анкерной крепи или суммарная прочность закрепления анкеров должна превышать при этом массу разрушенных горных пород, обеспечивая их устойчивость. Отмеченные особенности деформации и разрушения укрепленного массива обеспечивают единый методический подход к решению задач определения параметров анкерной крепи как для наклонных, так и горизонтальных выработок, расположенных в зоне или вне зоны влияния очистных работ.

### 11.1. Определение размеров области разрушения массива вокруг выработки

Прогнозируемая глубина отжима горных пород, подверженных сжатию поперек слоев, находится в соответствии с приведенными расчетными схемами (рис. 11.1) из выражения

$$C = \left( \frac{K_{сж} \gamma H B}{100 \sigma_n} \cos \frac{\alpha}{2} - 1 \right) h \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \varphi}{2}, \quad (11.1)$$

где  $C$  — глубина отжима угла или пород в пластовых или породных выработках, м;  $K_{сж}$  — коэффициент концентрации сжимающих напряжений в пятах свода естественного равновесия, связанный с проведением выработки. Выбор  $K_{сж}$  производится по табл. 12.1 в зависимости от способа проведения, формы и соотношения поперечных размеров выработки. Для получения глубины отжима горных пород на сопряжениях выработок значения  $K_{сж}$  увеличиваются в 1,4 раза;  $\gamma$  — средняя плотность горных пород, залегающих над выработкой до поверхности, т/м<sup>3</sup>;  $H$  — глубина заложения выработки от поверхности, м;  $B$  — коэффициент влияния очистных работ. Для пластовых и породных выработок, сооружаемых вне зоны влияния очистных работ,  $B = 1$ ,  $\alpha$  — угол падения горных пород, градус;  $\sigma_n$  — средняя прочность сжимаемой толщи пород мощностью  $h$ , подсеченных выработкой, МПа. При наличии

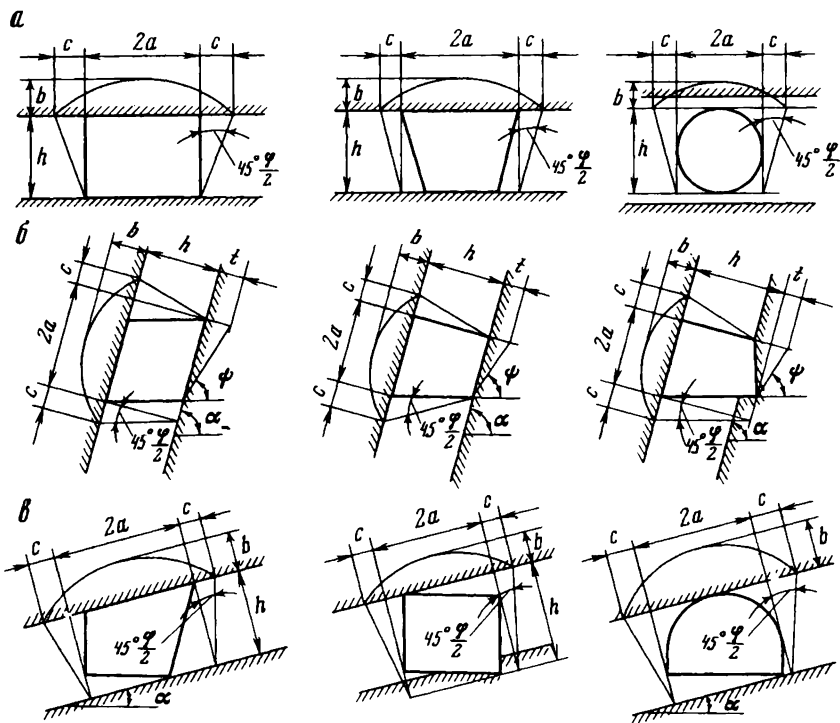


Рис. 11.1. Расчетные схемы к определению размеров разрушения массива вокруг выработок различной формы поперечного сечения, пройденных по падению или вкрест простирания горных пород (а) и по простиранию в условиях пологого или наклонного (б) и крутого (в) падения

в сжимаемой толще более слабого по несущей способности слоя пород в расчетах принимается его предел прочности на сжатие;  $h$  — мощность сжимаемой толщи слоев пород, подсеченных выработкой, м.

При наличии в подсеченном массиве разнородных пород различной прочности под мощностью слоя (слоев) следует понимать мощность наиболее слабой пачки горных пород, содержащейся в пределах  $h$ ;  $\varphi$  — кажущийся угол внутреннего трения горных пород, подсеченных выработкой, градус. При значительной разнице прочностных свойств горных пород, подсеченных выработкой, значения  $\varphi$  выбирают по наиболее слабой пачке горных пород в пределах  $h$ . Зависимость кажущегося угла внутреннего трения горных пород от их прочности на сжатие выражается уравнением

$$\varphi = \arctg \sigma_n / 10. \quad (11.2)$$

Коэффициент влияния очистных работ в зоне остаточного опорного давления вычисляется по формуле

$$B = 1 + \frac{K_a^2 R}{2K_n R + r}, \quad (11.3)$$

где  $K_a$  — коэффициент устойчивости горных пород активной кровли пласта, участвующей в формировании остаточного опорного давления вблизи границ выработанного пространства. Значения коэффициентов устойчивости каждого слоя пород, входящих в состав активной кровли, равной 8—10-тикратной мощности пласта, определяются в зависимости от прочности, трещиноватости и слоистости пород по номограмме рис. 11.2. Средневзвешенное значение коэффициента устойчивости активной кровли устанавливают с учетом мощности разнородных слоев пород;  $K_n$  — коэффициент устойчивости пород непосредственной кровли пласта, определяемый по номограмме рис. 11.2;  $r$  — расстояние от выработок до границ очистных работ, м.

Расчет глубины отжима угля в демонтажных камерах механизированных лав производится при  $r = 0$ ;  $R$  — ширина зоны опорного давления, м.

Зависимость ширины зоны опорного давления вблизи границ выработанного пространства от комплекса влияющих факторов имеет следующий вид

$$R = \cos \frac{\alpha}{2} \sqrt{\frac{K_a m_b \alpha \gamma H}{0,35 \sigma_m}}, \quad (11.4)$$

где  $m_b$  — мощность отработанного или разрабатываемого пласта (слоя), выемка которого оказывает влияние на устойчивость подгото-

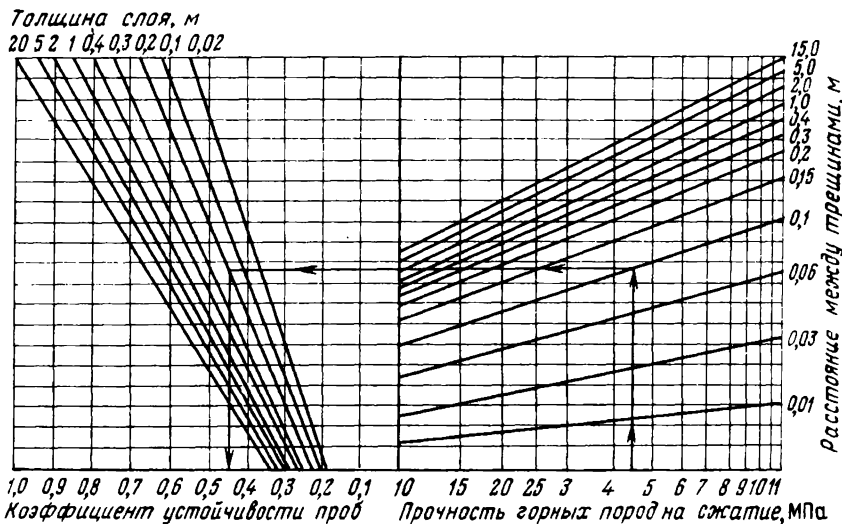


Рис. 11.2. Номограмма для определения коэффициента устойчивости горных пород

вительных выработок или их сопряжений,  $m$ ;  $a_n$  — полупролет нависающих слоев пород, работающих на изгиб, м.

Для участков ответвлений и пересечений выработок значение  $a_n$  определяется как геометрическая сумма полупролетов слоев пород сопрягающихся выработок,  $m$ ;  $\sigma_m$  — предел прочности на сжатие разрабатываемого полезного ископаемого, МПа.

Коэффициент концентрации сжимающих напряжений в зависимости от формы выработки приведен в табл. 11.1.

В зоне временного опорного давления, распространяющегося впереди движущегося очистного забоя, глубина отжима горных пород в прилегающих выработках, вычисленная по формуле (11.1), увеличивается пропорционально смещению кровли на некоторую величину, определяемую по специальной методике.

Для расчета глубины отжима угля в демонтажных камерах очистных забоев необходимо в формулу (11.1) подставить вместо  $h$  вынимаемую мощность пласта, а в формуле (11.1) значение  $r$  приравнять нулю.

Ожидаемая глубина расслоения горных пород считается по нормали к их напластованию и определяется из выражения

$$b = \frac{10(a_n + C)(\cos\alpha + \sin\alpha \operatorname{ctg}\beta)}{K\sigma_n}, \quad (11.5)$$

где  $b$  — глубина расслоения нависающей толщи пород, работающих на изгиб, м;  $K$  — коэффициент устойчивости нависающих слоев пород (определяется по номограмме рис. 11.2),  $\beta$  — угол естественного откоса нависающих слоев пород, градус;  $\sigma_n$  — предел прочности на сжатие нависающих слоев пород, МПа.

Значения  $K$  и  $\sigma_n$  устанавливают по суммарной мощности горных пород, равной ширине выработки.

При проведении наклонных выработок по падению (восстанию) и горизонтальных выработок вкрест простирания угол падения не влияет на полупролет нависающих слоев пород, работающих на изгиб. В таком случае угол  $\alpha$  принимается равным 0. При проведении горизонтальных и наклонных выработок по простиранию горных пород,

**Таблица 11.1**

**Значения коэффициента концентрации сжимающих напряжений от формы выработки**

Форма выработки	Значение коэффициента при буровзрывном (в скобках — механизированном) способе проведения выработки и отношении ширины выработки к ее высоте	
	1,0	1,5
Арочная	1,8 (1,5)	2,0 (1,7)
Круглая	2,0 (1,6)	— —
Сводчатая	2,2 (1,8)	2,5 (2,1)
Полигональная	2,5 (2,0)	— —
Трапециевидная	2,6 (2,1)	2,7 (2,2)
Прямоугольная	2,8 (2,3)	3,0 (2,4)



залегающих под углом свыше  $60^\circ$ , создаются условия для их сползания как по висячему, так и лежачему боку. При  $\alpha \leq \beta$  произведением  $\sin \alpha \cdot \operatorname{ctg} \beta$  можно пренебречь. И напротив, если  $\alpha > \beta$ , следует воспользоваться уравнением (11.6) для определения глубины расслоения пород висячего бока и необходимо дополнительно рассчитать толщину призмы сползания горных пород лежачего бока по формуле

$$t = a_n [\operatorname{tg}(\psi - \alpha) + \operatorname{ctg} \alpha], \quad (11.6)$$

где  $a_n$  — наклонная высота выработки у лежачего бока, считая по напластованию горных пород, м;  $\psi$  — угол естественного откоса горных пород лежащего бока, градус.

Если лежачий бок выработки расположен параллельно напластованию горных пород,  $\operatorname{ctg} \alpha$  принимается равным 0.

При расчете глубины отжима угля в демонтажных камерах механизированных лав пролет горных пород ( $2a_n$ ) принимается равным расстоянию от очистного забоя до козырьков секций крепи.

Для сопряженной подготовительных выработок значение  $a_n$  равняется геометрической сумме полупролетов сопрягающихся выработок.

## 11.2. Определение нагрузок на анкерную крепь горных выработок

Характер и интенсивность проявлений горного давления в подземных выработках чрезвычайно разнообразны. В общем случае на крепь горных выработок действует давление, производимое породами по четырем направлениям. Анкерная крепь воспринимает с одной стороны нагрузку, обусловленную прогибом и расслоением нависающих слоев пород, а с противоположной стороны давление, вызванное сползанием или пучением подстилающих слоев пород, занимающих различное положение в пространстве. Под опорами образующего свода естественного равновесия разрушающиеся породы выдавливаются навстречу друг другу внутрь выработки по направлению, совпадающему с напластованием горных пород.

Поскольку разрушающиеся породы под опорами свода представляют собой несвязную среду, то к ней можно применить теоретические основы механики грунтов, и в частности, теорию давления грунта на подпорную стенку. Согласно данной теории при положительных значениях  $C$ , давление на анкерную крепь, направленное по падению параллельно напластованию горных пород, составит:

а) для выработок, проводимых в однородном массиве горных пород,

$$Q_c = 10\gamma_0 C \left( h \sin \alpha + b \cos \frac{\alpha}{2} \operatorname{tg} \frac{90 - \psi}{2} \right); \quad (11.7)$$

б) для выработок, проводимых по полезному ископаемому с обнажением боковых пород,

$$Q_{п.н} = 10C \left( \gamma_n h \sin \alpha + \gamma_n b \cos \frac{\alpha}{2} \operatorname{tg} \frac{90 - \psi}{2} \right); \quad (11.8)$$

в) для выработок, проводимых по полезному ископаемому с присечкой боковых пород,

$$Q_{np} = 10C \left\{ [\gamma_n m + \gamma_n (h - m)] \sin \alpha + \gamma_n b \cos \frac{\alpha}{2} \operatorname{tg} \frac{90 - \varphi}{2} \right\} \quad (11.9)$$

где  $Q_{np}$  — давление на крепь, направленное по напластованию горных пород, МПа;  $\gamma_0$  — плотность однородного массива горных пород, окружающих выработку, т/м<sup>3</sup>;  $\gamma_n$  — плотность полезного ископаемого, т/м<sup>3</sup>;  $\gamma_n$  — плотность пород, вмещающих пласт полезного ископаемого, т/м<sup>3</sup>;  $m$  — мощность пласта полезного ископаемого, м.

Расчет давления на крепь выработок, проводимых по падению (восстанию) или вкрест простирания горных пород, производится по формулам (11.7—11.9) при значениях  $\alpha = 0$ .

Давление на крепь со стороны нависающих слоев пород составляет:

а) для выработок, проводимых в однородном массиве,

$$Q_{o.m} = 20\gamma_0 a_n b V \cos \frac{\alpha}{2}; \quad (11.10)$$

б) для выработок, проводимых с подрывкой или обнажением боковых пород пласта полезного ископаемого,

$$Q_{n.c} = 20\gamma_n a_n b V \cos \frac{\alpha}{2}, \quad (11.11)$$

где  $Q''$  — интенсивность распределенной нагрузки от нависающих слоев пород, кН/м.

Давление на крепь со стороны подстилающих слоев пород, склонных к сползанию при проведении горизонтальных выработок по простиранию в условиях крутого падения, определяется из выражения

$$Q_t = 10\gamma_n Q_n t (\sin \psi - f_{nn} \cos \psi), \quad (11.12)$$

где  $Q_t$  — интенсивность распределенной нагрузки от сползающих пород лежащего бока выработки;  $f_{nn}$  — коэффициент трения породы о породу.

Давление пучащих пород подстилающего слоя, возникающее вследствие деформации массива под действием гравитационных сил и опорного давления в пятах свода естественного равновесия, определяется по методу П. М. Цимбаревича и в данной работе не рассматривается.

### 11.3. Определение несущей способности анкеров

Несущая способность анкеров, работающих на растяжение, определяется прочностью закрепления или разрывным усилием стержня и принимается в расчетах эксплуатационных параметров крепи горных выработок по наименьшему значению.

Несущая способность деревянного клинощелевого анкера, удерживаемого в скважине за счет сил трения, возникающих на контакте замка с горными породами, которые, как правило, не превышают предел прочности стержня на разрыв, вычисляется по формуле

$$F_d = \frac{\pi d f_{\text{доп}} \sigma_{сж} L_k}{4(1 - \varepsilon)}, \quad (11.13)$$

где  $F_d$  — несущая способность деревянного анкера в скважине, кН;  $d$  — диаметр стержня анкера, м;  $f_{\text{доп}}$  — коэффициент трения древесины о породу, равный 0,4—0,6;  $\sigma_{\text{сж}}$  — напряжение в замке анкера, кПа;  $L_k$  — длина клина, м;  $\varepsilon$  — относительное сжатие древесины в замке анкера, определяемое из выражения

$$\varepsilon = \frac{H_k + d - h_k - D}{2(H_k + d - h_k)}, \quad (11.14)$$

где  $h_k$  — высота прорези в стержне анкера, м;  $D$  — диаметр скважины, м.

Для определения величины сжимающих напряжений можно воспользоваться корреляционной зависимостью  $\sigma_{\text{сж}}$  от влажности и относительного сжатия древесины в замке анкера

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{1}{bW + \varepsilon} + \frac{\varepsilon W}{lW - \phi}, \quad (11.15)$$

где  $W$  — относительная влажность древесины, выраженная в долях единицы;  $b, \varepsilon, l, \phi$  — эмпирические коэффициенты, значения которых для некоторых пород древесины приведены в табл. 11.2.

Зависимость (11.15) справедлива при относительном сжатии древесины  $\varepsilon$ , не превышающем для лиственницы 0,27, сосны 0,35, ели и пихты 0,37

Несущая способность металлического клинощелевого анкера, как и деревянного, определяется силами трения замка о горные породы. Отличие состоит лишь в том, что у металлического анкера реакция отпора породы зависит от глубины внедрения стержня в стенки скважины, а у деревянного — от степени сжатия древесины.

Прочность закрепления металлического клинощелевого анкера в скважинах, пробуренных в углях и породах различной крепости, находится из выражения

$$F_k = \pi \mathcal{J} \sigma_{\text{уп}} L_k \sqrt{l} (\sin \alpha_k + f_{\text{мп}} \cos \alpha_k), \quad (11.16)$$

где  $F_k$  — несущая способность металлического клинощелевого анкера, кН;  $\mathcal{J}$  — эмпирический коэффициент, зависящий от разновидности горных пород, в которых закреплен анкер, и равный 14 для углей, 16 для аргиллитов, 17 для алевролитов и 21 для песчаников;  $\sigma_{\text{уп}}$  — предел прочности на сжатие горных пород, в которых закреплен замок

Таблица 11.2

Эмпирические расчетные коэффициенты для различных пород древесины

Породы древесины	Коэффициенты				Породы древесины	Коэффициенты			
	$b$			$\phi$		$b$			$\phi$
Лиственница	2,15	0,07	0,24	0,007	Ель	1,00	0,25	0,23	0,006
Сосна	1,17	0,25	0,35	0,013	Пихта	1,26	0,22	0,34	0,012

анкера, кПа;  $\alpha_k$  — половина угла заострения клина, градус;  $f_{мп}$  — коэффициент трения металла о породу, равный 0,3—0,4;  $l$  — средняя глубина внедрения анкера в стенки скважины (м), определяемая по формуле

$$l = \frac{H_k + d - D - h_k}{3} \quad (11.17)$$

Уравнение (11.16) справедливо при  $\sigma_{yn} \leq 60$  кПа.

Прочность закрепления металлических распорных анкеров, удерживаемых в скважинах за счет сил трения, возникающих на контакте клиноконической головки стержня с полувтулками, зависит от сопротивления породы внедрению распорных элементов замка. Сопротивление породы возрастает пропорционально площади контакта замка со стенками скважины и глубине внедрения полувтулок в породу. При определенной крепости горных пород реакции отпора достигает значений, при которых силы трения превышают предел прочности стержня на разрыв, определяемый из выражения

$$P_p = \frac{\pi(d^2 - 2Z)\sigma_p}{4}, \quad (11.18)$$

где  $P_p$  — разрывное усилие стержня анкера, кН;  $\sigma_p$  — временное сопротивление материала стержня на разрыв, Па;  $Z$  — высота резьбы, м.

При менее прочных породах несущая способность распорных анкеров, соответствующая силам трения в замковой части стержня, равна

$$F_p = \frac{\pi}{6} \mathcal{J} \sigma_{yn} d_n L_n^3 \sqrt{\bar{d}_n + \bar{t}_n - \bar{D}} (\sin \alpha_k + f_{mm} \cdot \cos \alpha_k), \quad (11.19)$$

где  $F_p$  — прочность закрепления распорного анкера, кН;  $d_n$  — наружный диаметр полувтулок, м;  $L_n$  — длина полувтулки, м;  $t_n$  — толщина полувтулки, м;  $f_{mm}$  — коэффициент трения металла о металл, равный 0,15.

Прочность закрепления винтовых анкеров, при нагружении которых происходит скол горных пород на контакте с витками, определяется по формуле

$$P_B = \frac{\sigma_{yn} l_a (d - D) \operatorname{tg}(\alpha_a - \alpha_{ск})}{16 t_a} \sqrt{\frac{\pi^2 (d + D)^2}{4} + t_a^2}, \quad (11.20)$$

где  $l_a$  — активная длина анкера, м;  $\alpha_a$  — половина угла заострения витка, градус;  $\alpha_{ск}$  — угол скола горных пород, равный 22—32°;  $t_a$  — шаг витка, м.

Несущая способность железобетонных и армополимерных анкеров зависит от сил сцепления твердеющего состава с арматурой, реже с породой, или от прочности стержня на разрыв. Определение несущей способности анкеров сводится в таком случае к нахождению минимальной нагрузки на стержень, допускаемой по его прочности на разрыв (11.13), по его сцеплению с твердеющим составом или по сцеплению твердеющего состава со стенками скважины.

Если отношение  $\frac{4d\tau_a}{3D\tau_n} > 1$ , то прочность закрепления анкеров опре-

Таблица 11.3

Удельное сцепление (МПа) закрепляющих составов с породой и армирующим стержнем анкеров

Температура горных пород, °С	Эпоксидная смола ЭД = 5 + БТФ		Карбамидная смола УКС = = Б + шавелевая кислота		Феноло-формальдегидная смола СФЖ = 3032 + + БСК + ОФК	
	порода	стержень	порода	стержень		стержень
-5	5,4	6,0	4,9	8,6	1,6	2,3
0	6,0	6,6	6,1	9,3	1,8	2,5
5	6,5	7,3	7,2	10,0	2,0	2,8
10	7,2	8,0	8,3	10,9	2,2	3,0
20	8,4	9,2	9,6	11,6	2,7	3,3
30	9,5	1,17	10,3	11,9	3,0	3,5

деляется силой сцепления твердеющего состава с породой и вычисляется по формуле

$$F_n = \frac{1}{2} \pi D x \tau_n \quad (11.21)$$

В противном случае прочность закрепления, равная силе сцепления твердеющего состава со стержнем, находится из выражения

$$F_a = \frac{2}{3} \pi d x \tau_a \quad (11.22)$$

где  $F_n$  и  $F_a$  — сцепление твердеющего состава с породой и арматурой, кН;  $\tau_n$  и  $\tau_a$  — удельные сцепления твердеющего состава с породой и арматурой, приведенные в табл. 11.3 и 11.4;  $x$  — часть длины скважины, заполненной твердеющим составом, м.

Для ампульного и безампульного способов закрепления анкеров твердеющими составами значения  $x$  вычисляются соответственно по формулам

$$x_a = \frac{d_a^2 l_a}{D^2 - d^2}; \quad (11.23)$$

$$x_b = \frac{4M}{\pi \gamma_t (D^2 - d^2)}, \quad (11.24)$$

где  $d_a$  и  $l_a$  — соответственно диаметр и длина ампулы, м;  $M$  — масса поданного в скважину твердеющего состава, т;  $\gamma_t$  — плотность твердеющего состава, т/м<sup>3</sup>

При закреплении анкера по всей длине скважины или по большей ее части, превышающей глубину заделки стержня в устойчивом массиве, расчет прочности закрепления анкеров по формулам (11.21) и (11.22) производится при  $x = b/4$ .

Удельное сцепление твердеющего состава с металлом приведено ниже.

Цементно-песчаное отношение	2:1	1:1	1:3
Удельное сцепление твердеющего состава со стержнем перидического профиля, МПа	6,7	6,2	4,9

Удельное сцепление закрепляющих составов с породой и армирующим стержнем анкеров приведено в табл. 11.3.

#### 11.4. Определение длины и плотности установки анкеров

Длина анкеров, скрепляющих и подвешивающих нарушенные породы к устойчивой части массива, устанавливается графически по размерам деформации массива вокруг выработки. В частном случае длина анкеров, удерживающих в равновесии нарушенные породы вокруг выработки, может определяться по следующим зависимостям

$$l_b = z_a + l_1, \quad (11.25)$$

$$l_c = 1,1C + l_1, \quad (11.26)$$

$$l_t = 1,1t + l_1, \quad (11.27)$$

где  $l_b$ ,  $l_c$ ,  $l_t$  — длина анкеров, устанавливаемых соответственно по нормали к напластованию горных пород, по напластованию и в подстилающие слои сползающих пород, м;  $z$  — коэффициент, определяющий величину заглубления анкера за контур нарушенных пород. При использовании анкеров в качестве основного и единственного средства крепления выработок  $z = 1,25$ , а в комбинации с рамной крепью  $z = 1,1$ ;  $l_1$  — длина выступающей из скважины части анкера, которая складывается из толщины подхвата, затяжки и шайбы, высоты гайки, величины зазора, длины свободного конца стержня и для различных конструкций крепей колеблется в пределах 0,1—0,25 м.

Шаг установки анкеров, зависящий от соотношения действующих сил и несущей способности

$$L = NP/(K_3Q), \quad (11.28)$$

где  $L$  — шаг установки анкеров в нависающих слоях пород, в сжимаемой толще массива или в подстилающих слоях сползающих пород, м;  $P$  — несущая способность анкеров различных конструкций, установленных в нависающих слоях пород, в сжимаемой толще массива или в подстилающих слоях сползающих пород, кН;  $K_3$  — коэффициент запаса, равный 2;  $Q$  — интенсивность нагрузки со стороны нависающих слоев пород, со стороны отжимаемой толщи массива или со стороны подстилающих слоев пород, склонных к сползанию;  $N$  — принятое число анкеров в ряду, установленных в нависающих слоях пород, в отжимаемой толще массива или в подстилающих слоях сползающих пород, шт.

Число анкеров в ряду, устанавливаемых отдельно по кровле и бокам выработки, принимается по данным практики. При этом среднее расстояние между анкерами в ряду не должно превышать 1,5 м, которое необходимо уменьшить с увеличением размеров выработки и области разрушения пород до 0,7 м. Если с учетом коэффициента запаса интенсивность

нагрузки на  $1 \text{ м}^2$  площади поддерживаемых пород превышает несущую способность анкера, то среднее расстояние между анкерами в ряду должно быть менее  $1 \text{ м}$ .

По расчетному значению шага установки анкеров вычисляется момент сопротивления жестких или площадь поперечного сечения гибких подхватов, толщина деревянных или параметры металлических сетчатых затяжек.

Необходимый момент сопротивления плоского металлического подхвата определяется из выражения

$$W_n = \frac{QLL_0^2}{8y[\sigma]_н}, \quad (11.29)$$

где  $W_n$  — момент сопротивления плоского подхвата,  $\text{м}^3$ ;  $L_0$  — расстояние между анкерами в ряду,  $\text{м}$ ;  $y$  — пролет нависающих слоев пород, работающих на изгиб, или мощность сжимаемой толщи слоев пород, подсеченных выработкой,  $\text{м}$ ;  $[\sigma]_н$  — допускаемые напряжения материала подхвата на изгиб,  $\text{Па}$ .

Требуемый момент сопротивления металлического арочного подхвата, изготавливаемого из швеллера, рассчитывается по формуле

$$W_a = \frac{QLL_0^2(L_0 + 2r_a)}{32ar_a[\sigma]_н}, \quad (11.30)$$

где  $r_a$  — радиус изгиба арки,  $\text{м}$ .

Необходимая площадь сечения гибкого металлического подхвата из полосы, работающей на растяжение, равна

$$S = D\delta_n + \frac{K_3QLL_0^2}{8yf_c\sigma_{пр}} \sqrt{1 + 16 \frac{f_c^2}{L_0^2}}, \quad (11.31)$$

где  $S$  — площадь поперечного сечения гибкого подхвата,  $\text{м}^2$ ;  $\delta_n$  — заданная толщина подхвата,  $\text{м}$ ;  $f_c$  — допускаемая величина прогиба гибкого подхвата, равная  $n(D - d)$ ,  $\text{м}$ ;  $n$  — число отверстий в одном подхвате, шт;  $\sigma_{пр}$  — предел прочности материала подхвата на разрыв,  $\text{КПа}$ .

По найденным моментам сопротивления или площади поперечного сечения подхватов подбирается соответствующий профиль проката.

Толщина деревянной затяжки, укладываемой на поперечные или продольные подхваты, расположенные друг от друга на расстоянии  $L_0$ , вычисляется по формуле

$$\delta_3 = L_0 \sqrt{\frac{3Q}{8y[\sigma]_{нз}}}, \quad (11.32)$$

где  $\delta_3$  — толщина деревянной затяжки,  $\text{м}$ ;  $[\sigma]_{нз}$  — допускаемые напряжения деревянной затяжки на изгиб,  $\text{кПа}$ .

Параметры сварной решетчатой затяжки при заданном диаметре прутков определяются из выражения

$$X = \frac{2\pi d_n^2 \sigma_{св} f_c}{K_3 QL \sqrt{1 + 16 f_c^2 L^{-2}}}, \quad (11.33)$$

где  $X$  — расстояние между двумя соседними нагруженными прутками сетки, м;  $d_p$  — диаметр прутков решетчатой затяжки, м;  $\sigma_{p3}$  — предел прочности прутка решетчатой затяжки на разрыв, кПа.

Расстояние между рядами анкеров в комбинированной рамно-анкерной крепи равно

$$L_k = \frac{3(P_p + NP)}{2K_s \sqrt{Q_s^2 + Q_s^0}}, \quad (11.34)$$

где  $L_k$  — расстояние между рядами анкеров или между рамами комбинированной крепи, м;  $P_p$  — несущая способность рамы (арки), используемой в комбинированной крепи, кН.

### 11.5. Определение параметров анкерного крепления горношахтного оборудования

Анкеры различных конструкций широко применяются для закрепления горношахтного оборудования, в частности маневровых и проходческих лебедок, ленточных и скребковых конвейеров. Из перечисленного оборудования наибольший интерес для практики представляет способ анкерного крепления проходческих лебедок, устанавливаемых на поверхности вблизи стволов шахт. По традиционному способу проходческие лебедки, предназначенные для подвески, спуска и подъема оборудования при проходке стволов, крепятся к сборно-разборному фундаменту конструкции ВНИИОМШС, состоящему из двух-шести блоков массой 24,3—72,9 т, заглубленных в грунт на 0,9 м (рис. 11.3). Значительные размеры и масса фундамента обуславливают высокую трудоемкость монтажно-демонтажных работ, требуют использования машин и кранов большой грузоподъемности, что не всегда доступно в отдельных районах строящихся шахт, а иногда и невозможно из-за ограниченности пространства на промплощадках реконструируемых шахт.

Поэтому в ряде случаев возникает необходимость закрепления проходческих лебедок железобетонными анкерами, устанавливаемыми в грунт. Вполне понятно, что применить данный способ крепления можно только в том случае, если он обеспечивает не меньшую по сравнению с традиционным способом эксплуатационную надежность, которая зависит в первую очередь от прочностных свойств грунта и параметров анкерования. По новому варианту лебедки крепят анкерами, устанавливаемыми в скважинах диаметром 0,15 м.

В процессе эксплуатации проходческие лебедки испытывают в основном статические нагрузки при относительно постоянном натяжении каната для данного положения оборудования в стволе. Динамические нагрузки возникают при периодических операциях спуска и подъема оборудования, совершаемых со скоростью 0,1—0,24 м/с. Кроме того, при работе лебедки канат воспринимает неравномерные и знакопеременные нагрузки. Максимальные растягивающие напряжения складываются таким образом из максимального статического натяжения каната, равного грузоподъемности лебедки, динамических и знакопеременных нагрузок,



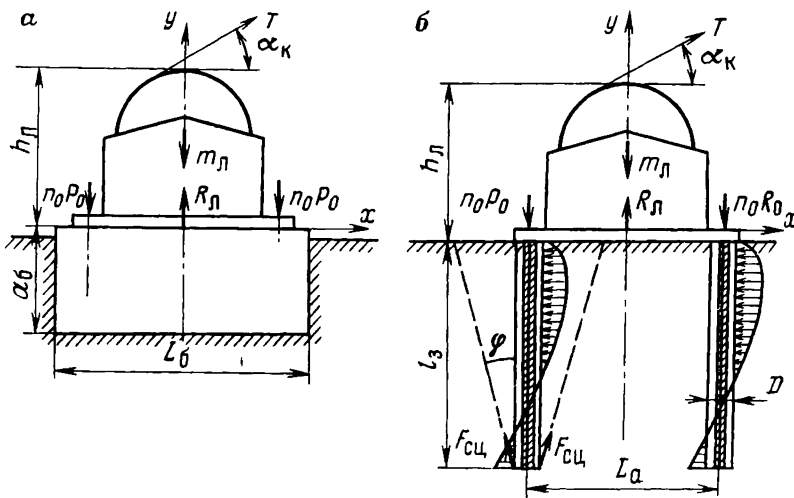


Рис. 11.3. Расчетные схемы к определению параметров крепления проходческих лебедок:

*а* — к сборно-разборному фундаменту и анкерам

*б* — к грунту посредством железобетонных

которые в простейших расчетах учитываются произведением коэффициента динамичности на основной коэффициент запаса

$$K_{од} = K_{оз} [1 + \sqrt{ES_K v_K / (g \tau_K l_K)}], \quad (11.35)$$

где  $K_{од}$  — общий коэффициент запаса;  $K_{оз}$  — основной коэффициент запаса, равный 1,4—1,6;  $E$  — приведенный модуль упругости каната, Па;  $v_K$  — средняя скорость движения каната, м/с;  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $S_K$  — площадь поперечного сечения каната, м<sup>2</sup>;  $\tau_K$  — максимальное статическое натяжение каната, Н;  $l_K$  — минимальная длина каната, считая от лебедки до оборудования в стволе, м.

Зная общий коэффициент запаса, находим максимальные усилия растяжения каната

$$T = K_{од} \tau_K, \quad (11.36)$$

при которых лебедка должна удерживаться в неподвижном состоянии только за счет сил трения, возникающих между рамой и фундаментом или между рамой и железобетонными опорами анкеров. Для удержания лебедки в неподвижном состоянии относительно фундамента или железобетонных опор необходимо производить затяжку гаек в анкерах или фундаментных болтах с усилием

$$P_0 = \frac{T \cos \alpha_K + f_{мб} (T \sin \alpha_K - g m_{л.л})}{2n_0 f_{мб}}, \quad (11.37)$$

где  $P_0$  — сила предварительного натяжения стержня анкера или фундаментального болта, кН;  $f_{мб}$  — коэффициент трения рамы лебедки о фунда-

мент или железобетонные опоры анкера;  $n_0$  — число болтов или анкеров в ряду, расположенных перпендикулярно оси каната, шт;  $\alpha_k$  — угол наклона каната, градус;  $m_n$  — масса лебедки, т.

Чтобы предотвратить растяжение болтов или анкеров при затяжке гаек с указанным усилием, их диаметр выбирается из условия

$$d > \sqrt{\frac{4P_0}{\pi [\sigma]_p}}, \quad (11.38)$$

где  $[\sigma]_p$  — допускаемые напряжения материала болтов (анкеров) на разрыв, кПа.

В соответствии с приведенной расчетной схемой (рис. 11.3, а) предельное натяжение каната, при котором может произойти опрокидывание лебедки с фундаментом, равно

$$T_{np} = \frac{qL_\phi(M_\phi + m_n) \sin \alpha_k}{2(a_\phi + h_n)}, \quad (11.39)$$

где  $T_{np}$  — предельное натяжение каната, кН;  $M_\phi$  — масса фундамента, т;  $Q_\phi$  — высота фундамента, м;  $h_n$  — высота лебедки, м;  $L_\phi$  — длина фундамента, м.

Известно, что при нагружении железобетонного анкера, установленного в грунт, его несущая способность определяется силой тяжести грунта в объеме усеченного конуса и силой сцепления грунта по боковой поверхности конуса, образующая которого составляет с осью анкера угол  $\varphi$ , равный углу внутреннего сопротивления грунта. Из условия равновесия действующих сил глубина заделки анкера в грунт определяется по формуле

$$l_3 = \sqrt{\frac{\cos \varphi (N_0 - 1) (2T_{np}h_n - qm_nL_a \sin \alpha_k)}{3n_0F_{cu} \operatorname{tg} \varphi \sin \alpha_k (N_0^2 - 3N_0 + 3)}}, \quad (11.40)$$

где  $l_3$  — требуемая глубина заделки анкера в грунт, м;  $L_a$  — расстояние между рядами анкеров, м;  $N_0$  — число анкеров в ряду, расположенных параллельно оси каната, шт;  $F_{cu}$  — удельное сцепление грунта, кПа.

По выбранному диаметру скважины и вычисленному значению ее длины определяется удельное давление на грунт, создаваемое анкерами за счет действия горизонтальной составляющей силы натяжения каната, которое не должно превышать расчетное сопротивление оснований из макропористого влажного грунта:

$$K_{cm} = \frac{T_{np} \cos \alpha_k}{n_0 N_0 D l_3}, \quad (11.41)$$

где  $K_{cm}$  — давление на грунт, кПа.

В практике шахтного строительства встречаются случаи установки проходческих лебедок на основание из скального грунта, прочность которого более чем на два порядка превышает рабочее сопротивление макропористого влажного грунта, что позволяет производить закрепление железобетонных анкеров в скважинах значительно меньшего диаметра. В таком случае глубина заделки анкера в скальный грунт опреде-

ляется из условия равенства действующих сил прочности закрепления стержней в затвердевшем цементно-песчаном растворе по формуле

$$l_{3c} = \frac{3(N_0 - 1)(2T_{np}h_n - qm_nL_a \sin \alpha_n)}{4\pi n_0 d L_a \tau_a \sin \alpha_n (N_0^2 - 3N_0 + 3)} \quad (11.42)$$

При составлении проектной документации на осуществление работ по креплению проходческих лебедок железобетонными анкерами, закрепляемыми в скальном грунте, принимаемая глубина заделки анкера должна превышать  $30d$ .

Закрепление маневровых лебедок и хвостовых головок скребковых конвейеров в подземных выработках производится в основном распорными анкерами серийного производства, устанавливаемыми в скважинах диаметром 43 мм, длиной 1,2—1,6 м. По условию равновесия момента сил, стремящихся опрокинуть лебедку, требуемое число анкеров в ряду, располагаемых на задней части рамы, должно быть не менее

$$n_0 \geq \frac{(2Th_n - qm_nL_a)(N_0 - 1)}{2PL_n(N_0^2 - 3N_0 + 3)} \quad (11.43)$$

Сохранение хвостовой части конвейера в неподвижном состоянии относительно основания, представленного угольным или породным массивом, обеспечивается при условии

$$n_k \geq \frac{K_3 T_{ц} D_0}{PL_p}, \quad (11.44)$$

где  $n_k$  — число анкеров, препятствующих перемещению хвостовой части работающего конвейера относительно основания, шт;  $T_{ц}$  — развиваемое тяговое усилие цепи, кН;  $D_0$  — диаметр окружности хвостовой звездочки, м;  $L_p$  — длина решетчатого става, м.

На практике для закрепления хвостовой части конвейера устанавливают, как правило, два анкера.

## 12. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА ДЛЯ АНКЕРНОЙ КРЕПИ

### 12.1. Приборы контроля прочности закрепления анкеров в скважинах

Контроль за прочностью закрепления анкера в скважине производится переносными гидравлическими приборами ПКА-1 конструкции КузНИУИ (рис. 12.1, а) и прибор ГИП конструкции КНИУИ (рис. 12.1, б).

Прибор ПКА-1 состоит из корпуса 1, плунжера 2 с манжетами, винта 3, ходовой гайки 4, цилиндра 5, шаровой опоры 6, манометра 7, направляющей шпонки 8 и упорного шарикоподшипника 9. В комплект прибора входит также гаечный ключ с храповым механизмом.

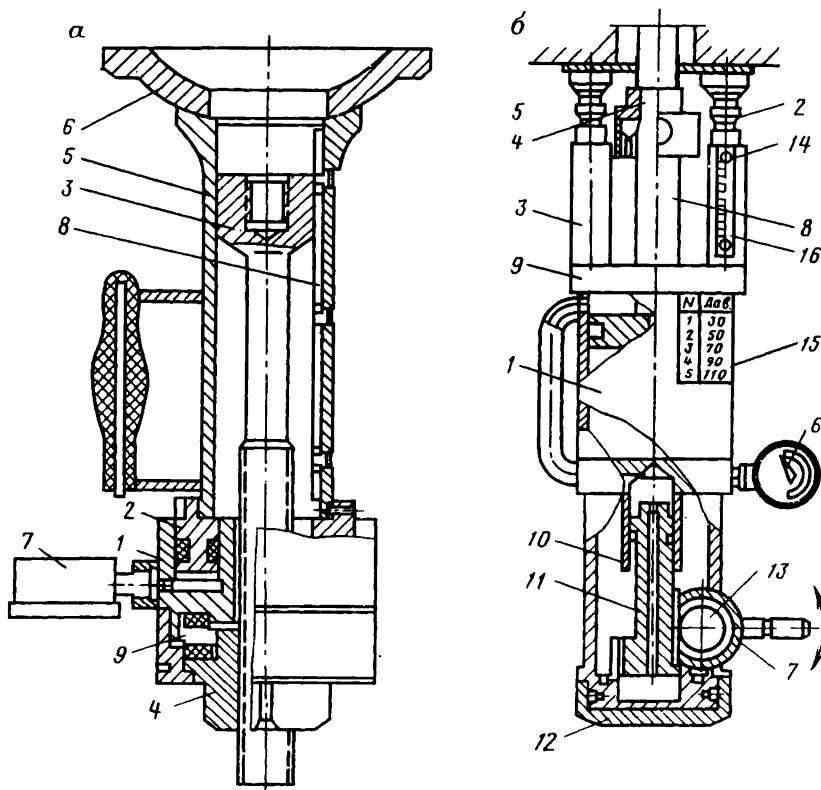


Рис. 12.1. Приборы ПКА-1 (а) и ГИП (б) для определения прочности закрепления анкеров

#### Техническая характеристика прибора

Максимальное тяговое усилие, кН	110
Максимальный ход винта, мм	140
Максимальное рабочее давление, МПа	25
Размеры, мм:	
длина	315
ширина	132
высота	105
Масса прибора без ключа и шаровой опоры, кг	6,5
Общая масса, кг	10,3

Для определения прочности закрепления анкера в скважине прибор вместе с шаровой опорой навинчивают на внешний конец стержня анкера. Затем посредством гаечного ключа с храповиком вращают ходовую гайку и создают натяжение стержня, фиксируемое стрелкой манометра. По максимальному показанию манометра устанавливают прочность закрепления анкера, величину скольжения которого определяют по разности

длины винта, выступающего за пределы гайки до и после нагружения стержня.

Гидравлический испытательный прибор ГИП состоит из корпуса 1, раздвижных упоров 3 с пружинными фиксаторами 2, соединительной муфты 4, манометра 6, рычага 7, штока 8 и крышки 9.

В средней части корпуса прибора размещена клапанная система, включающая нагнетательный клапан, отверстие для установки манометра или пробки и обратный клапан, отверстие для заливки масла, перепускные масляные каналы, клапан загрузки с рукояткой, предохранительный клапан максимального давления с регулировочным винтом.

В нижней части корпуса прибора размещен двухступенчатый плунжерный насос, состоящий из цилиндров низкого 10 и высокого давления, плунжера, с зубчатой рейкой и шестеренки. На плунжере 11 расположены предохранительный клапан первой ступени насоса и всасывающий клапан 13. Нижняя часть корпуса закрывается крышкой 12.

Для измерения нагрузки, приложенной на анкер, служит манометр 6, показания которого по шкале 15 переводятся в услия.

#### Техническая характеристика прибора ГИП

Максимальное тяговое усилие, кН	120
Максимальное давление в рабочей полости цилиндра, МПа:	23,5
Максимальное усилие на рукоятки, Н	300
Ход поршня, мм	100
Диаметр прибора, мм	95
Высота прибора, мм	436
Рабочая жидкость	масло индустриальное
Количество масла, л	0,7
Масса, кг:	
со съёмными частями	18,7
без съёмных частей	14,1

Испытания анкеров на прочность их закрепления в скважинах прибором ГИП производится в следующей последовательности.

На выступающий в выработку конец анкера 5 навинчивается соединительная муфта 4, в которую до упора вводится Т-образный конец штока 8. После этого на выступы накидной крышки 9 устанавливаются четыре съёмных упора 3 и снимается первый отчет с помощью указателя 14 на линейке 16 с миллиметровыми делениями, расположенной на одной из упоров. Затем с помощью колебательных движений рычага 7 перекачивают масло из нижней части прибора в рабочий цилиндр, вследствие чего поршень со штоком 8, двигаясь вниз, вытягивает стержень анкера из скважины. Величина вытягивания фиксируется по шкале 16.

При систематических испытаниях анкеров возникает необходимость установления причин низкой прочности их закрепления, зависящей также от диаметра скважины. В таком случае можно воспользоваться измерителем конечного диаметра скважин ИКДШ (рис. 12.2), состоящего из корпуса 1, внутри которого размещен составной шток 2 с конусом 3 на одном и указателей 4 диаметра скважины на другом конце. По ука-

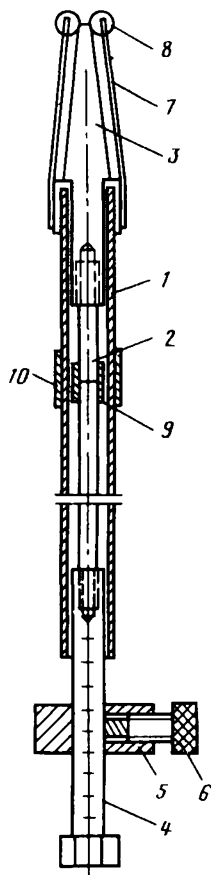


Рис. 12.2. Измеритель конечного диаметра скважин

затем перемещается фиксирующее кольцо 5 со стопорным винтом 6. К корпусу прибора прикреплены три упругих металлических лепестка 7 с заделанными в них шариками 8 диаметром 11,5 мм. Отрезки корпуса, выполненные из трубы, и части штока соединяются между собой посредством муфт 9 и 10. После ввода прибора в скважину перемещают шток к забю. При этом конус 3 раздвигает лепестки с шариками до упора их в стенки скважины, а винтом 6 фиксируют показания диаметра скважины. Диапазон измерения диаметра скважин составляет 28—44 мм.

## 12.2. Приборы контроля изменения натяжения анкеров во времени

Измерение натяжения анкеров во времени производится гидравлическими, механическими и тензометрическими динамометрами.

На рис. 12.3 показан гидравлический динамометр ДГА-1 конструкции КузНИУИ, состоящий из корпуса 1, плунжера 2 с уплотнительными кольцами 3 и 4, манометра 5. Корпус динамометра имеет центральное отверстие, через которое проходит резьбовой конец анкера 6. Динамометр крепится на стержне посредством гайки 7, с помощью которой создается предварительное натяжение анкера, фиксируемое стрелкой манометра. Периодическими замерами давления рабочей жидкости в гидросистеме динамометра определяют величину натяжения анкера в текущий момент времени, а по результатам нескольких измерений строят график изменения натяжения анкера во времени, по которому можно судить о работоспособности и надежности анкерной крепи или о ее непригодности в конкретных горно-геологических и горнотехнических условиях.

### Техническая характеристика

Предельная рабочая нагрузка, кН	150
Площадь кольцевого плунжера, см <sup>2</sup>	58
Ход плунжера, мм	8
Размеры, мм:	
длина	230
ширина	120
высота	8,2
Масса, кг	2,4

Резиновый динамометр, приведенный на рис. 12.4, а, разработан Дальневосточным отделом КузНИУИ. Он состоит из основания 1 и крыш-

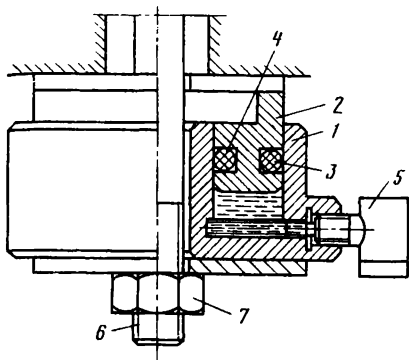
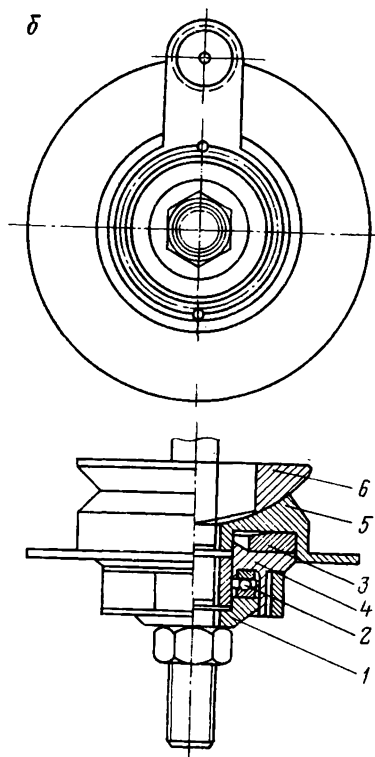
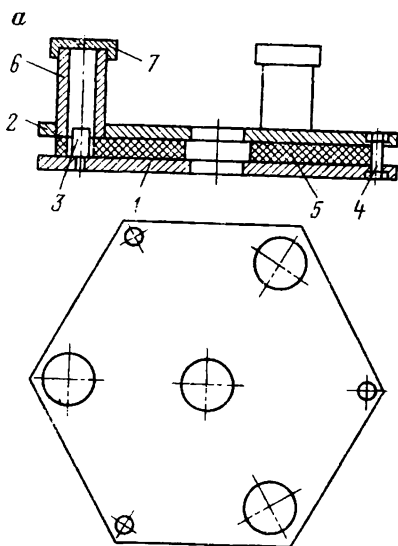


Рис. 12.3. Гидравлический динамометр ДГА для измерения натяжения анкеров во времени

Рис. 12.4. Резиновый динамометр (а) и самопишущий прибор СПУ для непрерывной регистрации натяжения анкерной крепи (б)



ки 2, фиксируемых относительно друг друга тремя штоками 3 и болтами 4. Между крышкой и основанием размещается вакуумированная резина 5 толщиной 8—10 мм. Измерение величины сжатия резиновой прокладки, на основании которой по тарировочному графику устанавливают натяжение анкера, производят индикатором часового типа, вставляемым поочередно в штуцеры 6, закрываемые колпачком 7 для предотвращения попадания угольной пыли.

Прибор СПУ (рис. 12.4, б) предназначен для непрерывной регистрации натяжения анкеров во времени. Он состоит из двух узлов: динамометрического и измерительного. Динамометрический узел включает стакан 1, упорного шарикоподшипника 2, пружины 3, заключенной между двумя фигурными крышками 4 и 5, и сферической опоры 6. Измерительный узел, не показанный на рис. 12.4, б, соединен с динамометрическим узлом и имеет вращающийся барабан с часовым механизмом.

Для проведения измерений прибор своим динамометрическим узлом надевается на выступающий из скважины конец анкера и закрепляется гайкой. При изменении натяжения анкера во времени пружина 3 деформируется и стрелка самописца отклоняется в ту или другую сторону от начального положения, соответствующего предварительному натяжению стержня.

#### Техническая характеристика

Предельная рабочая нагрузка, кН	80
Наибольшая измеряемая величина прогиба пластины, мм	2,5
Размеры прибора, мм:	
длина	245
ширина	180
высота	240
Масса, кг	7,12

Для изменения натяжения анкеров могут успешно использовать тензометрические датчики, наклеиваемые непосредственно на стержень анкера (рис. 12.5, а).

На каждый измерительный стержень 1 анкера наклеивается по четыре тензорезистора сопротивлением  $R = 115 \text{ Ом}$  и базой 25 мм, для чего подготавливается специальная площадка 2, путем проточки стержня на токарном станке. Длина проточки обычно составляет 50 мм.

Поверхность, предназначенная для наклейки тензорезисторов, должна быть очищена от пыли, грязи и ржавчины. Чистота обработки поверхности места наклейки тензорезисторов должна быть не менее шестого класса.

Два рабочих тензорезистора 3 располагаются вдоль стержня, два компенсирующих 4 — поперек стержня.

Подготовленная площадка для наклейки тензорезисторов протирается растворителем, затем наносится тонкий слой клея БФ-2: на подготовленные тензорезисторы с разбросом не более чем 0,1 Ома также наносится слой клея БФ-2. Через 3-5 мин сушки на воздухе наносится второй слой клея и тензорезистор приклеивается и сушится при помощи рефлекторных ламп до полного высыхания, т. е. когда сопротивление изоляции будет не менее 50 Ом.

Для защиты тензорезисторов от влаги и механических повреждений применяется следующий влагоизоляционный состав мастики: воск 8 %; парафин 32 %; технический вазелин 15 %; канифоль 35 %; машинное масло 10 %. Эту смесь подогревают до 150 °С в течение 20 минут, затем медленно охлаждают и наносят слоем 5 не менее 5 мм.



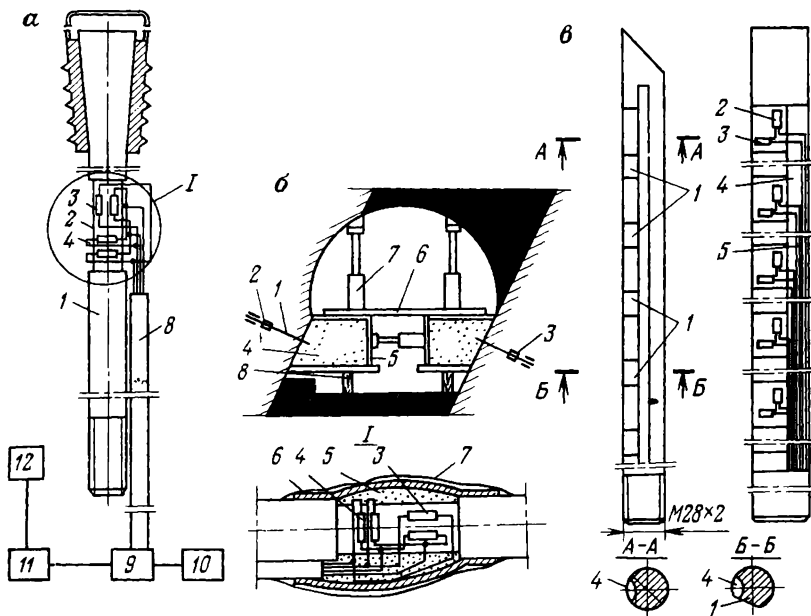


Рис. 12.5. Устройство для тензометрического измерения натяжения анкеров

На анкер, залитый мастикой, надевают разрезанный по длине отрезок резинового шланга *б* длиной не менее 150 мм с внутренним диаметром 22 мм. Поверх шланга *б* в два слоя наматывают изоляцию *7*. На свободные концы кабеля *8* напаяют штепсельный разъем, который подсоединяется к пульту управления *9*. Одновременно к пульту управления подсоединяется трубчатый блок питания *10*, в котором помещается десять сухих батарей типа «Сатурн», дающее в сумме рабочее напряжение порядка 12 В. Регистрация показаний осуществляется осциллографом *11* типа Н-700 в рудничном взрывобезопасном исполнении (РВИ) на двенадцать точек с автономным блоком питания *12* напряжением 24 В.

Метод изучения измерения натяжения в стержне анкера с использованием тензодатчиков представляет большую ценность, когда отсутствует непосредственный доступ к анкеру.

Там, в условиях шахты «Коксовая» ИГД им. А. А. Скопинского совместно с КузНИУИ были проведены измерения натяжения в стержнях *1* (рис. 12.5, б) анкеров с тензодатчиками *2, 3*, установленными со стороны кровли и почвы пласта. При этом концы анкеров находились в блоках *4* из литой твердеющей закладки. Нижней опорой блоков являлись деревянные помосты *8*, боковыми — металлические пластины *5*, а верхней — балка *6*. Нагрузку на блоки и анкеры создавали гидростойками *7*. Лабораторией Норильского ГМК тензорезисторные анкеры были использованы для определения изменения натяжений в стержнях анкеров

от воздействия взрывных волн и в призабойной зоне до начала возведения крепи из набрызгбетона.

*Анкер-индикатор* (рис. 12.5, *в*) состоял из круглых гладких стержней диаметром 28 мм, длиной 2000 мм. По длине стержня каждого анкера было сделано по шесть площадок 1 размером 20×35 мм. Расстояние между площадками составляло 330 мм. На каждой площадке были наклеены рабочие 2 и компенсационные 3 тензорезисторы. Для вывода в выработку монтажных проводов 5 использовались продольные пазы 4. На каждой площадке клеим БФ приклеивали по два тензорезистора серии 2ПКБ-10-200 В. Тензодатчики герметизировали эпоксидным раствором.

В ИГД АН Грузинской ССР разработаны магнитоупругие динамометры различной мощности. Динамометр представляет собой металлическую втулку диаметром 70 мм и высотой 100 мм, состоящую из корпуса катушек, расположенных между верхней и нижней крышками индикаторов магнитной анизотропии токовых электродов, системы проводов и защитного кожуха.

Напряжения, возникающие при натяжении стержня анкера, вызывают появление в отдельном корпусе динамометров магнитной анизотропии, по интенсивности которой можно судить о натяжениях испытываемых динамометров, а вместе с ним и стержнем анкера.

В США для дистанционного измерения натяжения в анкерной крепи во времени разработан тензометрический динамометр, состоящий из корпуса, воспринимающего нагрузку со стороны кровли, цилиндрического защитного корпуса и двух уплотнительных сальников. На внешнюю поверхность корпуса наклеивают четыре проволочных датчика сопротивления. Для снятия отсчета динамометра подключают к переносной измерительной станции. В отдельных случаях изменения натяжения в анкерной крепи определяют с использованием тензодатчиков, наклеенных непосредственно на стержень.

### **12.3. Приборы для определения расслоения горных пород**

Расслоение пород, закрепленных анкерной крепью, определяется помещенными в пробуренную скважину оптическими приборами, оснащенной системой зеркал и светящимися лампочками. Оптические приборы такого назначения, выполненные во взрывобезопасном исполнении, имеют сравнительно сложную конструкцию и серийно не выпускаются. С этой целью КузНИУИ разработаны простые и удобные в эксплуатации клиновой шуп (рис. 12.6, *а*) и прибор ПРК (рис. 12.6, *б*)

Клиновой шуп служит для определения точного места расслоения пород, считая от контура выработки. Он состоит из корпуса 1, толкателя 2 с пружиной, двух секторных пластин 3 с пружиной, тяги 4, которая при помощи пальца 5 присоединяется к толкателю. Толкатель имеет в свою очередь два ползуна и двухсторонний клин 6, торцевая часть которого имеет срез под углом 45°

Принцип работы клинового шупа заключается в следующем.

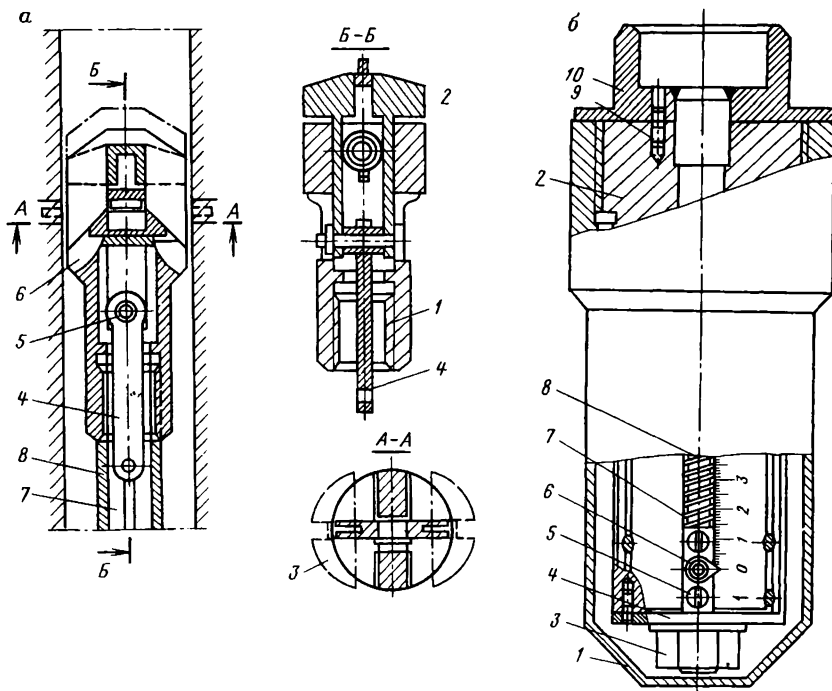


Рис. 12.6. Клиновой шупа (а) и прибор ПРК (б) для измерения расслоения пород

К тяге присоединяется шпагат 7, а к корпусу клинового шупа привинчивается труба 8. Конец шпагата должен выступать из трубы. Натяжением шпагата вручную производится перемещение тяги и связанного с ней толкателя до упора в торцевую поверхность корпуса. При этом двухсторонний клин перемещается одновременно с толкателем, утапливая в специальных гнездах корпуса секторные пластины. В таком положении клиновой шуп трубой вводится в заранее пробуренную скважину диаметром 43 мм. При периодическом ослаблении натяжения шпагата за счет пружины происходит движение толкателя в обратном направлении, а секторные пластины выходят из пазов, что и позволяет определить наличие пустоты и их расположение в толще пород по длине скважины.

Прибор ПРК состоит из стаканов 1 и 2, гайки 3 (М16), шайбы 4, винтов 5, стрелки 6, ползуна 7, пружины 8, штифта 9 и муфты 10.

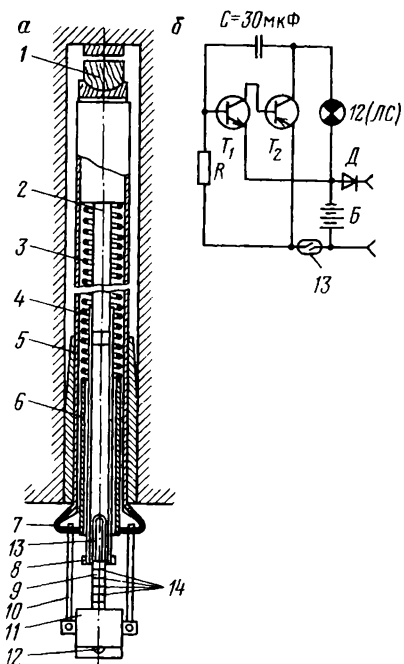
Принцип работы прибора ПРК заключается в следующем. По длине скважины с интервалом 0,5—1 м устанавливается от двух до шести глубинных анкеров. В устье скважины забивается деревянная пробка с двумя-шестью пазами для пропуска стальной проволоки, идущей от каждого глубинного репера к зажиму измерительной трубки со

шкалой. По мере опускания пород происходит сжатие пружин и перемещение стрелки вдоль шкалы, показывающей величину расслоения кровли в заданном интервале.

#### 12.4. Прибор контроля за состоянием закрепленной кровли

В практике подземного строительства на отдельных сомнительных участках горных выработок возникает необходимость непрерывного контроля за состоянием выработок, в процессе которого устанавливают критическую величину расслоения пород для принятия своевременных мер по усилению крепи. Для этой цели служит прибор АКС, выполненный во взрывобезопасном исполнении, который испытан на шахтах Кузбасса, Приморья, о. Сахалин, прошел проверку в ВостНИИ и рекомендован к промышленному использованию.

Прибор АКС (рис. 12.7, а) содержит съемный распорный деревянный стержень 1, установленный в верхней части штока 2, распорную пружину 3, ползун 4, в нижней части которого жестко укреплен кольцевой магнит 8, распорные клинья 5, обсадную трубу 6, затвор 7, латунную трубку 9, подвески 10 с укрепленным на них сигнализатором 11 и сигнальную лампу 12. Верхний конец ползуна 4 выполнен с продольными



пружинящими лепестками и в него вставлен передним концом шток 2. Пружинящие лепестки ползуна обеспечивают его связь со стержнем за счет сил трения.

Сигнализатор 11 выполнен в виде генератора световых импульсов, электрическая схема которого вместе с батареей питания Б (рис. 12.7, б) размещена внутри герметического корпуса сигнализатора. Электрическая схема генератора составлена из двух транзисторов, один из которых  $T_1$  выполнен с прямой (П-Р-П) проводимостью, а другой  $T_2$  имеет обратную проводимость (Р-П-Р), конденсатора С и резистора R, включенного в базовую цепь транзистора  $T_1$ . Транзисторы  $T_1$  и  $T_2$  соединены между собой, с конденсатором С и батареей питания (Б) по схеме несимметричного мультивибратора.

Корпус сигнализатора 11 жестко связан с латунной трубкой 9, внутри которой размещен магнито-

Рис. 12.7 Прибор АКС (а) и его принципиальная электрическая схема (б)

управляемый контакт 13, электрически введенный в схему генератора световых импульсов путем включения его в эмиттерную цепь транзистора  $T_2$  и подключения к положительному полюсу батареи питания Б. Конец латунной трубки 9 с контактом 13 вставлен в ползун 4 с кольцевым магнитом 8.

Таким образом, сигнализатор 11 и кольцевой магнит через латунную трубку 9 с магнитоуправляемым контактом 13 объединены в один функциональный узел. На латунной трубке 9 нанесена шкала отсчета 14.

#### Техническая характеристика прибора АКС

Диаметр скважины, мм	41—43
Длина скважины, м	3 и более
Максимальная величина расслоения кровли, мм	100
Точность срабатывания прибора, мм	$\pm 1$
Продолжительность непрерывного мигания лампы, ч	80—90
Частота колебаний вспышки, Гц	1
Исполнение	РО11
Аккумулятор, тип	Ш1К-0,45
Напряжение батареи, В	2,5
Емкость батареи, А·ч	0,45
Время зарядки, ч	15
Ток заряда, мА	45
Размеры обсадной трубы, мм:	
длина	670
ширина	80
высота	80
Масса, кг	2,03
Основные размеры сигнализатора, мм:	
длина	190
диаметр	45
Масса, кг	0,23

Перед вводом в скважину с прибора снимается обсадная труба 6, вводится в скважину и в ее устье закрепляется деревянными клиньями или пластинчатой пружиной с таким расчетом, чтобы она на 15—25 мм выступала из скважины. После этого через трубку до упора в дно скважины вводится распорный съемный стержень 1, нижний конец которого должен доходить до верхнего конца обсадной трубы. После этого в обсадную трубу вводится шток 2 с пружиной 3 и затвором 7 с таким расчетом, чтобы пружина была сжата на 150 мм. В противном случае производится регулировка прибора за счет изменения длины съемного стержня 1.

Последней операцией установки прибора является соединение затвора 7 с обсадной трубой и установка кольцевого магнита 8 при помощи выдвижения его из обсадной трубы на предполагаемое критическое расслоение кровли (2—2,5 % мощности закрепленной кровли).

Принцип работы прибора заключается в следующем. При расслоении заанкерванной кровли дно скважины неподвижно и постоянно контактирует с распорным стержнем 1, противоположный конец которого постоянно соприкасается со штоком 2 и надетым на него ползуном 4 с кольцевым магнитом 8. Непосредственная кровля, расслаиваясь, увлекает за собой обсадную трубу и вместе с ней сигнализатор 11. При опускании кровли, например, на величину 100 мм кольцевой магнит 8 с использова-

нием выключателя, размещенного внутри латунной трубы 9, замыкает контакты сигнализатора 13, и ток от источника питания Б приводит в действие электрическую схему мультивибратора, который периодически посылает импульсы тока на сигнальную лампу ЛС с частотой колебаний 1 Гц, обеспечивая ее мигание.

Для предотвращения короткого замыкания на клеммах сигнализатора, служащих для подзарядки аккумуляторов, включен диод Д226. Для герметизации электрических цепей сигнализатор полностью заливается эпоксидной смолой.

Новый метод для исследования деформации заанкерванной кровли по всему сечению выработки был применен отраслевой лабораторией Северо-Кавказского горно-металлургического института в условиях Урупского рудника. Сущность метода заключается в фотографировании сечения выработки и совмещения его с проектным контуром в соответствующем масштабе.

Фотоаппарат с треногой каждый раз располагали по оси выработки на строго фиксированном расстоянии от снимаемого контура. Контур снимаемой выработки каждый раз обводился выдвижной штангой с двумя источниками света. Длина штанги выбиралась в зависимости от размеров выработки.

## 12.5. Динамометрические ключи

Динамометрические ключи служат для завинчивания гаек стержней анкеров с определенным крутящим моментом 300—400 Н·м и более. Такие ключи разработаны КузНИУИ, ДонУГИ, КНИУИ, НИПИГормаш и др.

КузНИУИ разработано пять разновидностей динамометрических ключей, три из которых получили практическую реализацию КД-1 (рис. 12.8, а), КДМ-4 (рис. 12.8, б слева), КДМ-5 (рис. 12.8, в).

### Техническая характеристика динамометрических ключей

	КД-1	КДМ-4
Развиваемый крутящий момент, Н·м	210	210
Диаметр плунжера, мм	30	30
Площадь поперечного сечения кольцевого плунжера, см <sup>2</sup>	7,05	7,05
Основные размеры, мм:		
длина	730	500
ширина	90	80
высота	170	36
Масса, кг	5	3,7

Динамометрический ключ КД-1 состоит из корпуса 1 с гнездом 2 под шестигранную гайку, цилиндра 3 с плунжером 4, рукоятки 6, шарнирно соединенной с кронштейном корпуса, жидкостного манометра 7. Внутри цилиндра размещен обратный клапан, а снаружи — маслосбрасывающий винт 8. Замер крутящего момента при затяжке гаек анкера во время пользования ключом осуществляется путем приложения к

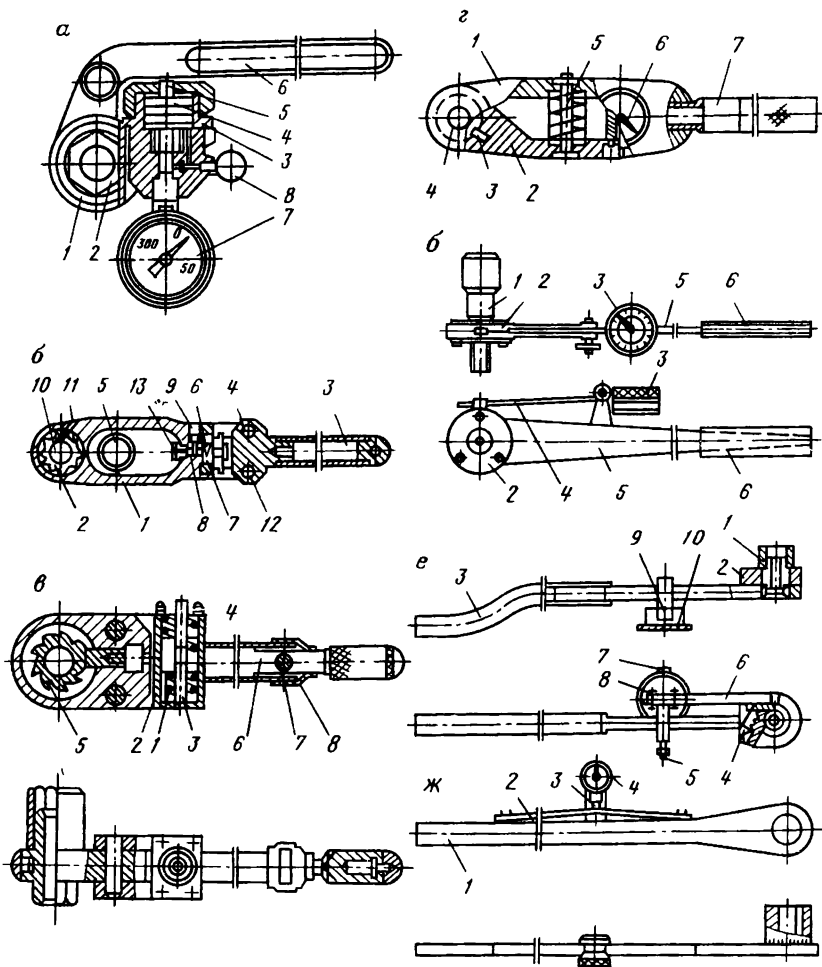


Рис. 12.8. Конструкции динамометрических ключей

рукоятке 6 усилия, которое через выступающий штырь 5 плунжера передается на манометр 7. В момент проскальзывания гайки на шкале манометра фиксируется давление, которое по тарировочному графику переводится в числовой показатель, соответствующий определенной нагрузке.

Динамометрический ключ КДМ-4 в отличие от КД-1 при том же крутящем моменте имеет меньшую массу и более совершенную компоновку, при которой манометр для предохранения от механических повреждений размещен внутри корпуса ключа.

Динамометрический ключ КДМ-4 состоит из корпуса 1, храпового механизма 2, рукоятки 3, соединенной шарнирно с помощью пальцев 4 с корпусом, внутри которого размещен жидкостный манометр 5. В корпусе 1 размещен также плунжер 6 и имеется полость 7, заполненная рабочей жидкостью, которая попадает в манометр через обратный клапан 8. Для сброса излишней рабочей жидкости в корпусе предусмотрен маслосбрасывающий клапан 9. Храповой механизм 2 включает в себя колесо 10 и подпружиненный палец 11, который взаимодействует во время работы со специальными гнездами колеса. При натяжении палец упирается в выступ гнезда, а при обратном ходе он проворачивается. Колесо 10 выполнено с двумя шестигранными выступами, на которые надеваются сменные головки с гнездами под соответствующую шестигранную гайку.

При пользовании динамометрическим ключом головку храпового механизма 2 соединяют с гайкой анкера, затем к рукоятки 3 прикладывают усилие, которое через головку болта 12, вкрученного в плунжер 6, передается на рабочую жидкость. Создаваемое в полости 7 давление через обратный клапан 8 и канал 13 передается на манометр 5, по которому фиксируется давление с последующим переводом по тарифовочному графику в крутящий момент, создаваемый при затягивании гайки анкера.

Динамометрический ключ КДМ-5 механического действия работает без жидкостного манометра, что позволяет увеличить надежность его работы в шахтных условиях, так как он в меньшей мере подвержен механическим повреждениям. Ключ КДМ-5 состоит из корпуса 1, внутри которого вмонтировано отсчетное устройство, состоящее из стакана 2, стержня-указателя 3, на котором нанесены деления в процессе тарировки пружины 4, храпового механизма 5, на наружную поверхность которого надеваются сменные насадки под гайки М16, М20, М24, фиксируемые с помощью установочного винта, рукоятки 6, соединенной шарнирно при помощи пальца 7 с корпусом ключа 1. При достижении определенного крутящего момента рукоять 6 через палец 7 передает поступательное движение стакану 2, в дно которого упирается стержень-указатель 3, выходящий наружу корпуса ключа 1. По степени выхода стержня-указателя фиксируется приложенный крутящий момент, который по тарифовочному графику пересчитан в силовую нагрузку на анкер.

#### Техническая характеристика КДМ-5

Максимальный крутящий момент, Н·м	250
Рабочий ход рычага, мм	25
Передаточное отношение рычажной системы	4
Значение показаний одного деления, кН	5
Основные размеры, мм:	
длина	852
ширина	68
высота (прибора с насадкой)	92
Масса, кг . . . . .	2,77



Безотказность работы ключа КДМ-5 зависит от качественного изготовления храпового механизма 5 и пружины 4, а также от ее правильной тарировки. Корпус ключа 1 и соединенная с ним рукоятка 6 должны быть предохранены резиновой втулкой 8 от попадания грязи, угольной и породной мелочи внутрь корпуса и отсчетного устройства. При контроле качества установки анкером сменную насадку динамометрического ключа накладывают на гайку проверяемого анкера и вращением рукоятки ключа по часовой стрелке определяют, с каким крутящим моментом затянута гайка на анкере. Максимальное натяжение в анкере, которое может быть измерено ключом КДМ-5, составляет 50 кН.

При многократном контроле качества установки анкером динамометрическим ключом КДМ-5 пружина 4 теряет первоначальную силовую характеристику, поэтому, после проведения 1000 измерений ее рекомендуется заменять.

Динамометрический ключ М-40 конструкции НИПИГормаша выпускается Томским электромеханическим заводом им. Вахрушева (рис. 12.8, з) и состоит из корпуса 1, рычага 2 с пружиной 3 храпового валика 4, болта 5, индикатора со шкалой 6 и рукоятки 7.

Для измерения величины крутящего момента патрон ключа надевают на гайку анкера и к рукоятке прилагают усилие до тех пор, пока гайка не сдвинется. Величина крутящего момента фиксируется стрелкой по шкале. Ключ М-40 комплектуется со съемным патроном и рукояткой. Крутящий момент, фиксируемый на шкале, до 400 Н·см, длина ключа 89 см, масса 5 кг.

Динамометрический ключ ДКА-1 конструкции ПечорНИИпроект (рис. 12.8, б справа) снабжен насадкой 1 для соединения с гайкой стержня анкера, и состоит из храпового механизма, размещенного в корпусе 2, индикатора часового типа 3, соединенного стержнем 4 с храповым механизмом, рукоятки 5 с трубчатым удлинителем 6.

Ключ переносится по выработкам со снятым индикатором. Принцип действия ключа основан на деформации соединительного стержня 4. Максимальный крутящий момент на гайке анкера, замеряемый ключом 300 Н·см, длина ключа 720 мм, масса с насадкой под гайку М24 — 3,85 кг, под гайку М20 — 3,75 кг.

Динамометрический ключ ДК-1 (рис. 12.8, е) конструкции КНИУИ работает по принципу измерения упругих деформаций стержня ключа, фиксируемых индикатором часового типа.

Динамометрический ключ ДК-1 состоит из головки 2 с насадкой 1, рукоятки 3, храпового механизма 4, пластины 6, индикатора 9, расположенного в корпусе 7 с пробкой 8 и крышкой 10, а также регулировочного винта 5.

Перед началом измерения проверяется правильность установки индикатора часового типа, для чего регулировочный винт 5 вращается до начала движения стрелки индикатора.

Величина натяжения усилий в стержне анкера определяется разностью полученного и нулевого отсчетов индикаторной головки по тарировочному графику.

## Техническая характеристика ДК-1

Максимально крутящий момент, Н·м	200
Максимальное натяжение в стержне анкера, кН	75
Габариты ключа, мм:	
длина с рукояткой	960
ширина	145
высота	133
Масса, кг:	
без насадки и рукоятки	2,7
с насадкой под гайку М20 и рукояткой	4,9

На рис. 12.8, ж показан динамометрический ключ конструкции ДонУГИ.

Ключ состоит из пластинчатого корпуса 1, пластинчатой пружины 2, индикатора часового типа 4 со штифтом 3.

Принцип действия ключа основан на использовании зависимости между упругой его деформацией и величиной приложенного к гайке крутящего момента. При завинчивании гайки рукоятка ключа 1 изгибается совместно с упругой стальной пластиной 2. Изменение прогиба пластины вызывает перемещение мерного штифта 3 индикатора 4, корпус которого жестко соединен с рукояткой ключа.

Для перевода показаний индикатора в силовые единицы динамометрический ключ тарируется с помощью гидравлического динамометра ДА-1 конструкции КузНИУИ.

## 13. СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ ВОЗВЕДЕНИЯ АНКЕРНОЙ КРЕПИ

### 13.1. Общие сведения

Прогрессивность той или иной конструкции анкерной крепи определяется не только ее техническими свойствами, но и возможностью механизации процессов ее установки. Другими словами, работа по совершенствованию конструкции анкерной крепи должна рассматриваться неразрывно с вопросами механизации их возведения.

В развитии средств механизации возведения анкерной крепи можно выделить четыре основных направления, по которым продолжают и в настоящее время совершенствоваться машины данного типа, это:

1. Создание ручных средств (инструментов) установки анкеров — пневматические или электрические сверла, перфораторы, различные насадки для затяжки гаек и т. д.;

2. Создание средств, частично механизующих процесс установки анкеров на базе буровых кареток;

3. Средства, полностью механизующие все процессы установки анкеров;

4. Средства с дистанционным управлением, автоматизирующие весь комплекс работ по креплению забоя анкерной крепью.

Учитывая то обстоятельство, что бурение скважин под анкеры занимает 50—60 % общего времени, затрачиваемого на крепление, средства первых двух направлений механизуют в основном операцию бурения шпуров. К таким средствам возведения анкерной крепи относятся электрические и пневматические сверла марок: ЭР14Д-М, ЭР18Д-М, СЭР-19Д, СР-3М; переносные станки марок: МАП-1, ПА-1, УВАК, Ш-2, КР-3 и другие; перфораторы и гайковерты; агрегаты на самоходном ходу: БУА-1С, БУА-2, БУА-3 (ЦНИИподземмаш), АБК (Гипрорудмаш), БШМ-1 (КузНИУИ), СААК-1-2000, САКК-3 и другие.

Машины первых двух направлений выпускают многие крупные зарубежные фирмы, например, известны буровые каретки фирмы «Джой» (США), 1ТВ, 1Т1, 1ТТ фирмы «Гарднер-Денвер» (США), МР600, С75, Р650 фирмы «Тамрок» (Финляндия), НВ, НВР, НВЕ фирмы «Ингерсолл-Рэнд» (США), ВММ, ВМ, ВМН, ВМНТ фирмы «Атлас-Копко» (Швеция). Существуют установки и других фирм «Консолидейтед-Пневматик» (Великобритания), «Лей-Рой» (США), «ЗИГ» (Швейцария), «Линден-Алимак» (Швеция). Манипулятор ВИТ фирмы «Атлас-Копко» является универсальным, он позволяет бурить шпур как в забое, так и в кровле под анкерную крепь.

Наиболее интересны машины третьего направления, позволяющие полностью механизировать процессы возведения анкерной крепи. Сюда относятся машины фирм «Секома» (Франция), «Линден-Алимак» и «Атлас-Копко» (Швеция), «Тамрок» (Финляндия), «ЗИГ» (Швейцария), «Гарднер-Денвер» (США) и других. Из отечественных образцов следует выделить агрегат для установки анкерной крепи АК-1 и анкероустановочный модуль АСП-42 конструкции СКТБ Главтоннельметростроя.

Характерной особенностью машин третьего направления является наличие бурильно-анкероустановочных модулей, навешиваемых на манипуляторы буровых машин. Каждый модуль состоит из бурильной машины, зарядного приспособления в случае установки адгезионных анкеров и анкероустановочного механизма. Типичной для этого класса машин является каретка РЕС 22М-1В фирмы «Секома». Она сконструирована для механизированного анкерного крепления в выработках средних и больших сечений. Машина позволяет механизировать следующие операции: бурение шпуров под анкеры; подачу в шпур связующей композиции в ампулах-патронах или инъекционным путем; подачу в шпур армирующего стержня; установку и затягивание гайки.

Производительность такой установки при работе только одного оператора составляет от 8 до 130 анкеров на шестичасовую смену.

Аналогичной по конструкции является машина фирмы «Линден-Алимак» (Швеция) с анкероустановочным модулем РВА. Этот модуль позволяет вводить в шпур связующую смесь инъекционным путем. После пробуривания шпура требуемой длины модуль РВА разворачи-

ваются вокруг своей оси таким образом, что перед шпуром оказывается остроконечная труба, расположенная между буровым и анкерным податчиками. В следующий момент труба вводится в шпур. При ее извлечении из шпура происходит заполнение пространства связующей композицией. Новый поворот манипулятора позволяет ввести в шпур, содержащий связующую композицию, армирующий стержень. При этом армирующий стержень подается автоматически из магазина, устроенного по принципу револьверного механизма. Внутри и вдоль нагнетательной остроконечной трубы расположена внутренняя труба, благодаря чему реакционно-способные компоненты смешиваются только после выхода в шпур. Это достаточно надежно предотвращает возможность образования пробок в подающей трубе вследствие охватывания и отверждения остатков связующей композиции.

В установке фирмы «ЗИГ» в шпур первоначально вводится трубчатый армирующий стержень, который может выполняться из стали или армированного пластика. Затем, при очередном повороте анкеро-установочного модуля, в шпур через трубчатый армирующий стержень нагнетается связующая композиция. После отверждения связующей композиции анкер может использоваться сколь угодно долго.

Фирма «Тамрок» создала серию анкероустановочных модулей, позволяющих механизированно устанавливать как адгезионные анкеры, так и анкеры другого типа — клинощелевые, распорные. Примером этого может служить агрегат для постановки распорной крепи марки «РОБОЛТ».

Вращающаяся головка с гидравлическим приводом оснащена механизмом, который включает в себя колонковый перфоратор с податчиком, а также отдельный податчик анкером с устройством для закручивания гаек. После пробуривания шпура срабатывает механизм поворота и перед отверстием оказывается анкерная штанга, которая механически вводится в шпур и путем вращения раскрепляется в нем. В последний момент механизм обеспечивает затягивание с определенным усилием гайки.

Те же агрегаты могут быть оснащены анкеро-установочными модулями другой конструкции, позволяющей механизировать возведение адгезионных анкером. Принцип работы таких модулей аналогичен описанным выше. При установке адгезионных анкером патронированным способом, ампул-патроны со связующей композицией могут вводиться в отверстие на расстоянии. Для этого модуль оснащают специальной трубой, к которой подводится сжатый воздух. Попадая в такую трубу, ампул-патроны под действием сжатого воздуха вылетают в шпур, где раскрепляются за счет пластиковых «парашютов». Далее с вращением в шпур вводится армирующий стержень, который разрушает оболочки ампул-патронном и смешивает реакционно-способные компоненты связующей композиции.

Описанные анкероустановочные модули имеют отдельные податчики для бурения и установки анкером. В связи с этим приходится оснащать подобные устройства тяжелыми и громоздкими манипулято-

рами. Система РВС, разработанная фирмой «Линдан-Алимак», представляет собой выгодную альтернативу. Перфоратор и привод вращателя для установки анкеров расположены на салазках, перемещающихся в перпендикулярном направлении, благодаря чему для выполнения обоих процессов достаточно одного автоподатчика. В такой конструкции вращение армирующего стержня производится только в самой верхней точке, т. е. после достижения донной части шпура. Это оказывается не всегда удобным. Поэтому СКТБ Главтоннельмостростроя совместно с СО ИГД АН СССР и при участии к. т. н. Рыжевского М. Е. разработало универсальный анкероустановочный модуль АСП-42, позволяющий механизировать все операции по бурению шпуров и установке адгезионных анкеров и имеющий только один буроустановочный механизм. Анкероустановочный модуль АСП-42 может быть смонтирован на любой серийно выпускаемой отечественной буровой машине.

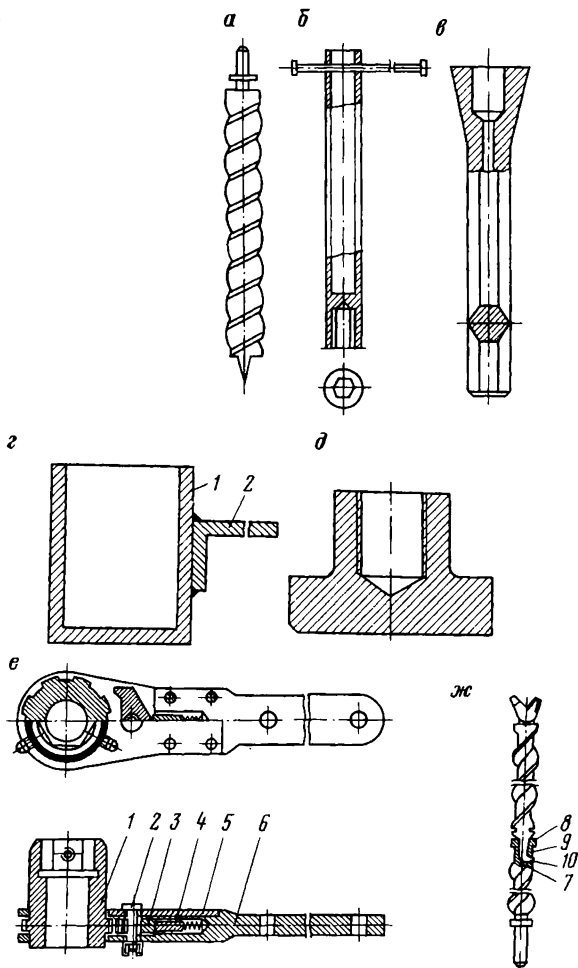
Так же как и другие известные зарубежные системы, модуль АСП-42 позволяет полностью механизировать все операции по возведению армополимерной анкерной крепи. Первоначально с помощью буровой штанги производится бурение шпура под анкер. Бурение может производиться практически в любой плоскости, что позволяет правильно располагать анкер — перпендикулярно напластованию пород. После пробуривания отверстия буровая штанга отводится от шпура и анкероустановочный модуль осуществляет поворот на  $120^\circ$ . Под шпур попадает труба с ампулами, содержащими связующую смесь. Ампулы с помощью сжатого воздуха вдуваются в шпур и расширяются в нем за счет сплющивания их алюминиевых оболочек. Ампулы изготавливают на установке УНА-2. Далее производится еще один поворот системы на  $120^\circ$  и под отверстием оказывается армирующий стержень. Тот же механизм обеспечивает подачу армирующего стержня в шпур с вращением. Поступательно-вращательное движение армирующего стержня приводит к разрушению оболочек ампул-патронов и перемешиванию компонентов смеси. Через 30—60 секунд армирующий стержень закрепляется в шпуре и стрела установки с модулем АСП-42 перемещается на новую позицию. С помощью анкероустановочного модуля АСП-42 можно производить установку до 40 анкеров в час. Анкероустановочный модуль АСП-42 прошел успешные испытания на Северо-Муйском тоннеле БАМ и сейчас его использование планируется на других строящихся в нашей стране тоннелях.

### **13.2. Инструмент для возведения анкерной крепи**

На рис. 13.1 изображен основной инструмент, который используется при установке анкерной крепи.

Для сверления отверстий в деревянных подхватах применяется перка из витой стали (рис. 13.1, *a*). Диаметр забуриваемой части перки должен быть на 5 мм больше диаметра скважины под анкер, а длина не менее толщины подхвата.

Рис. 13.1. Ручной инструмент для установки анкеров



Для завинчивания гаек анкеров используются гаечные длиной 0,6—0,8 м или торцевые ключи (рис. 13.1, б), которые изготавливаются в шахтных мастерских под соответствующую гайку М16, М20, М24 и т. д.

Наиболее целесообразно для завинчивания гаек анкеров использовать гаечный ключ с храповиком (рис. 13.1, е). Применение ключа с храповиком позволяет сократить время установки и повысить качество закрепления анкеров. Ключ с храповиком состоит из торцевой головки **1** под шестигранную гайку, оси **2**, собачки **3** с подпружиненным фиксатором **4**, щечек **5** и рукоятки **6**. Наличие храпового механизма позволяет осуществить завинчивание гайки вращением ключа без снятия его с анкера при холостом ходе.

При забивке в скважину клинощелевых анкеров применяются специальные насадки к телескопическому перфоратору (рис. 13.1, в). В этом случае для предохранения резьбы на выступающем из скважины стержне анкера используется глухая гайка (рис. 13.1, д). При бурении скважины под анкеры в стесненных условиях используются быстроразъемные буровые штанги с крючковым соединением (рис. 13.1, ж). В месте соединения буровая штанга 7 имеет гнездо 8 со сквозным пазом 9 для пропуска крючкообразного конца 10 соединяемой буровой штанги.

При забивке в скважину деревянных стержней клинощелевых анкеров используют специальные металлические стаканы 1 с кронштейном 2 (рис. 13.1, з).

Для механизации завинчивания гаек анкеров может использоваться инструмент импульсного действия (рис. 13.2).

На рис. 13.2, а показан сбалчиватель ПИ-35, разработанный НИПИ-Гормаш (г. Свердловск).

Изготовитель — Томский электромеханический завод им. Вахрушева.

Сбалчиватель состоит из патрона 1, вилки 2, хомута 3, стакана 4, планетарного редуктора 5, корпуса 6, пневмодвигателя 7, рукоятки 8 с пусковым устройством, переключателя-реверса 9, шпинделя ударного механизма 10, пружины 11, ударника 12.

#### Техническая характеристика ПИ-35

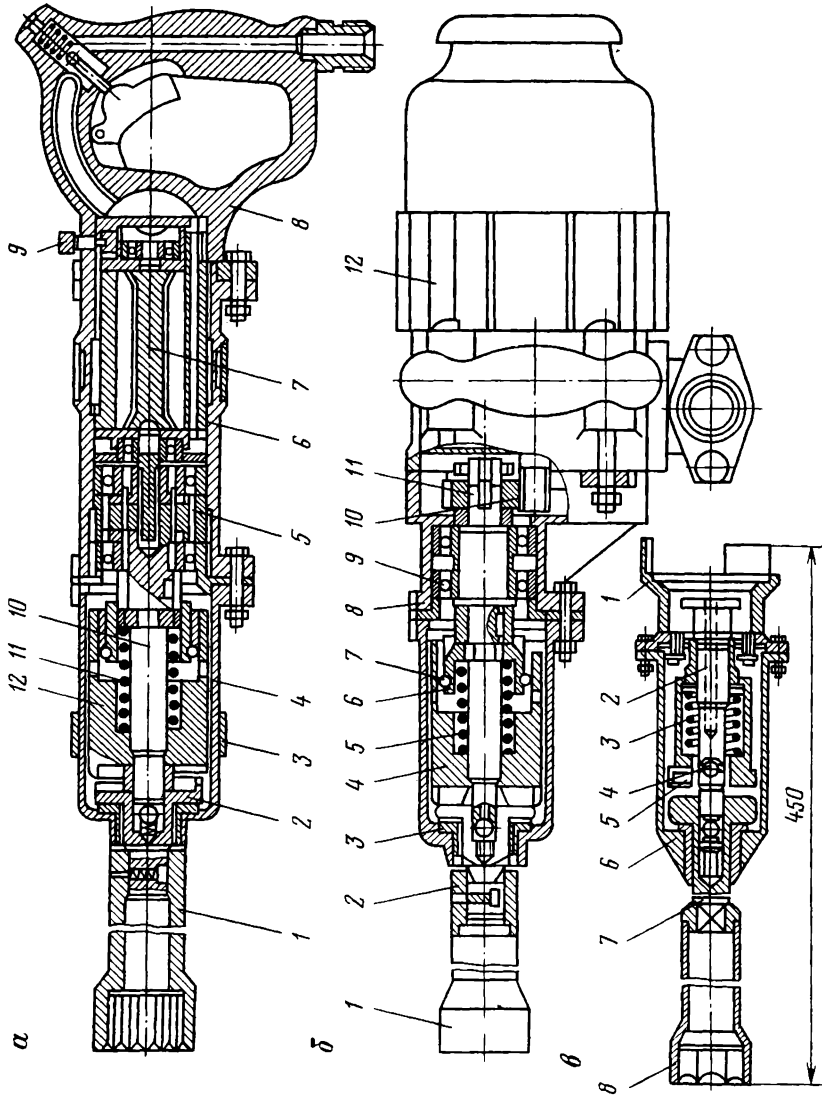
Тип двигателя	Ротационный, пневматический, реверсивный
Мощность пневмодвигателя, кВт	0,62
Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	
патрона на холостом ходу	1000
при затыжке	16
Рабочее давление сжатого воздуха, МПа	0,5
Расход сжатого воздуха, м <sup>3</sup> /мин	1,25
Крутящий момент, Н·м:	
при завинчивании гайки	350
при отвинчивании гайки	380
Основные размеры, мм:	
длина	500
ширина	82
Масса, кг	8,8

Сверло-гайковерт СГЭ-2 конструкции ВНИИГидроуголь (рис. 13.2, б) состоит из торцевого ключа 1, патрона 2, стакана 3, бойка 4, пружины 5, насадки 6, шариков 7, корпуса 8, подшипников 9, шестерни 10, посаженной на вал 11, и электродвигателя 12 от электросверла ЭФ-14-Д.

Масса сверла-гайковерта СГЭ-2 составляет 18,5 кг. Крутящий момент при затягивании гаек составляет 250 Н·м.

Насадка к ручному электросверлу (рис. 13.2, в) также относится к группе ударно-импульсных механизмов и работает по следующему принципу. Через выступ 1 насадка 6 присоединяется к электродвигателю от ручного электросверла.

Рис. 13.2. Механизированный инструмент для затяжки гаек в анкерах





Ведущий вал электросверла передает вращение на шпindelь 2, который с помощью двух шариков 4 воздействует на боек 5. Последний, сжимая рабочую пружину 3, отводится назад, выходит из зацепления с хвостовиком 7, поворачивается шпинделем 2 и затем, двигаясь под действием пружины 3 вперед, наносит удар по кулачкам хвостовика 7. Полученный таким образом хвостовиком ударно-вращательный импульс передается на торцевой ключ 8.

Для завинчивания гаек анкеров телескопные перфораторы могут оснащаться насадками М-35 конструкции НИПИГормаша, изготавливаемых Томским электромеханическим заводом им. Вахрушева.

#### Техническая характеристика насадки М-35

Крутящий момент, Н·м	350
Частота вращения патронов, мин <sup>-1</sup>	6,5
Направление вращения	Правое
Габаритные размеры, мм:	
длина	292
диаметр	120
Масса (без установочной трубы), кг	5,5

Установка в скважины анкеров распорного типа с соответствующим натяжением стержня может осуществиться путем использования ручного насоса 1, например ГН-500 Ливенского завода, и гидродомкратов, в которые подается рабочая жидкость по шлангу 2 (рис. 13.3)

Для определения величины натяжения в стержне анкера используется тарировочный график, составленный для прибора. Установка деревянной анкерной крепи, закрепляемой в скважинах химическими составами, производится с помощью ручных электросверл и переходников (рис. 13.4)

При использовании деревянных стержней сечением 27×27 мм применяются переходник, приведенный на рис. 13.4, а, а круглых — на рис. 13.4, б конструкции ВНИИГидроуголь.

Внутренняя полость такого переходника имеет коническую поверхность 3 с выступами 2 треугольной формы.

Стержень 1 вводится в переходник и удерживается от проворачивания выступами 2.

Для перемешивания содержимого патронов 4, введенных в скважину, стержень 5 через переходник 6 соединяется с электросверлом 7 и вращается по часовой стрелке (рис. 13.4, в)

Для лучшего перемешивания содержимого ампул стержню анкера дополнительно придается возвратно-поступательное движение.

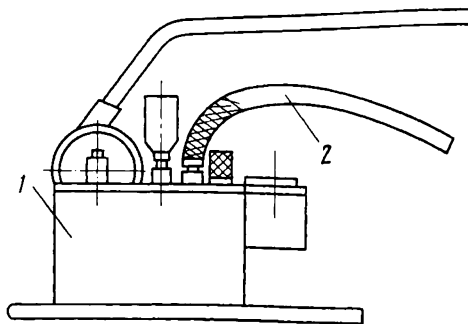


Рис. 13.3. Установка для создания предварительного натяжения анкера

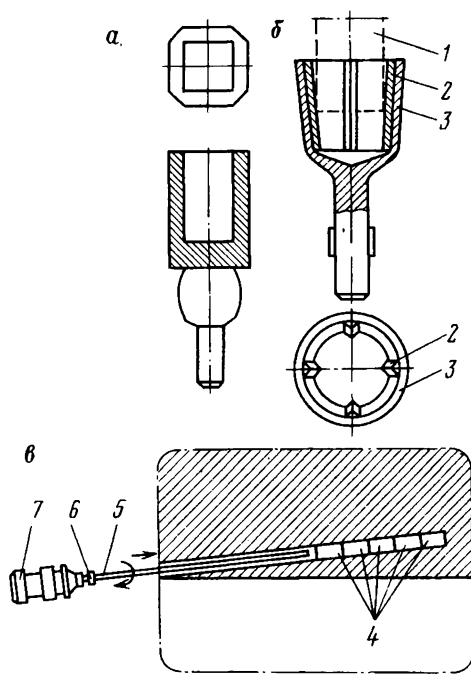


Рис. 13.4. Деревянные стержни адгезионных анкеров и устройства для их установки

смонтирован на сменных удлинениях для возможности использования гидроколонок в выработках различной высоты. В 1986 г. гидроколонка использована при креплении орты гор. 210 м Таштагольского рудника. Опытная партия гидроколонок в количестве 6 экземпляров была изготовлена механическими мастерскими ВостНИГРИ.

### 13.3. Возведение железобетонной анкерной крепи

Возведение железобетонной анкерной крепи, как правило, производится по безампульной технологии с использованием специальных пневмонагнетателей и шприцов. Так, НИПИгормаш разработан комплект оборудования для возведения железобетонной анкерной крепи, состоящий из пневмонагнетателя ПН-1 и трех контейнеров.

Пневмонагнетатель ПН-1 предназначен для механизированного приготовления цементно-песчаного раствора и подачи его в скважины при возведении железобетонных анкеров. Контейнеры служат для транспортировки сухой смеси компонентов раствора от склада к месту работ и для хранения ее в шахте.

Пневмонагнетатель ПН-1 состоит из следующих основных узлов: бака со съемным конусом; пневмопривода; вала с винтовой лопастью;

Особенностью установки в скважинах трубчатых анкеров взрывного действия является предварительный изгиб стержня на  $5-10^\circ$  на расстоянии  $0,5-0,6$  м от опорной плитки с целью предварительного их удержания в вертикальных и крутонаклонных скважинах.

Для удержания анкерных подхватов, а также отжатия решетчатой затяжки по контуру выработки ВостНИГРИ предложена гидроколонка (рис. 13.5) работающая от шахтового водопровода, давление воды в котором достигает  $2,5$  МПа. В том случае если давления воды для создания распора стойки 1 недостаточно, то используется плунжерный ручной насос 5. Шток 2 гидроколонки соединяется с шаровой опорой 4, позволяющей устанавливать стойку под углом. Упор 3 гидроколонки

трехходового крана; эксцентриковых зажимов; подшипников; рамы; растворопровода.

Бак емкостью 24,5 л крепится в подшипниках скольжения на раме и фиксируется стопором в двух положениях: конусом вниз — для нагнетания раствора в скважину и конусом вверх — для приготовления раствора. Для приготовления раствора внутри бака установлен вал с винтовой лопастью, внешний конец которого соединен с пневмоприводом (развальцовочной машиной И-118). Загрузка бака компонентами раствора производится при снятом корпусе, соединяющемся с баком посредством трех быстроразъемных эксцентриковых зажимов.

#### Техническая характеристика пневмагнетателя ПН-1

Емкость бака, л		24,5
Рабочее давление сжатого воздуха, МПа		0,5
Мощность привода лопастного вала, кВт		1,4
Внутренний диаметр растворопровода, мм		32
Основные размеры, мм:		
высота	1380	
ширина	670	
Масса, кг	60	

#### Техническая характеристика контейнера

Емкость контейнера, л	62
Габаритные размеры, мм:	
длина	1390
диаметр	300
Масса, кг	40

Комплект оборудования обслуживают двое рабочих. Промышленная эксплуатация опытного образца комплекта оборудования на Североуральских бокситовых рудниках показала следующие его преимущества: точное дозирование компонентов раствора; возможность применения цементно-песчаных растворов жесткого состава; приготовление однородной растворной смеси с равномерным распределением и обволакиванием зерен заполнителя вяжущим веществом. Изготовитель опытных образцов — Опытный завод НИПИГОРМАША. Серийное изготовление комплекта поручено Свердловскому механическому заводу горноспасательного оборудования.

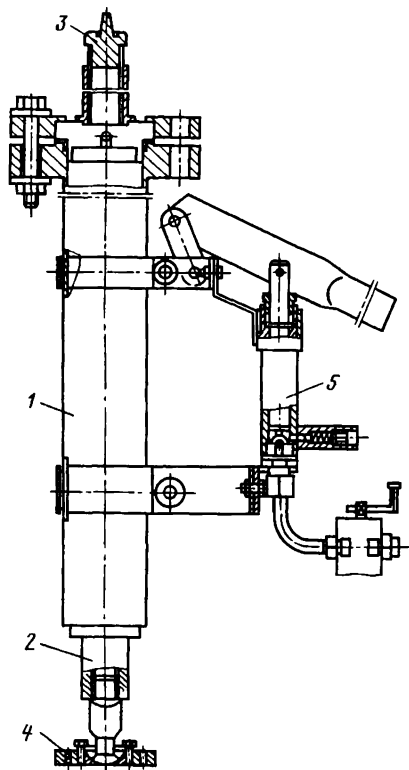


Рис. 13.5. Конструкция гидроколонки для удержания анкерных подхватов, разработанная ВостНИГРИ

На рис. 13.6 показано оборудование для возведения анкерной крепи.

Пневматический аппарат для нагнетания песчаного раствора в скважины конструкции ДВПИ (рис. 13.6, а) состоит из трехходового крана 1, коромысла с зажимным винтом 2, крышки 3 сварного бака 4, поддерживающей треноги 5, переходной трубы 6, соединительного шланга 7 типа ГФ-50, нагнетательной трубы 8.

Аппарат загружается цементно-песчаным раствором через отверстие, которое закрывается крышкой, плотно прижимаемой к корпусу аппарата зажимным винтом. С помощью сжатого воздуха, поступающего через трехходовой кран внутрь бака, цементно-песчаная смесь выдавливается в переходную трубу, а затем по соединительному шлангу в нагнетательной трубе попадает в скважину.

Механический аппарат конструкции ДВПИ для нагнетания цементного раствора в скважины (рис. 13.6, б) состоит из редуктора 9, штока с поршнем 10, бака 4, шланга 7 типа ГФ-50 нагнетательной трубы 8.

При работе бак аппарата загружается цементно-песчаным раствором и на хвостовик вала червяка надевается шпindelь электросверла. В редукторе вращательное движение червяка преобразуется в поступательное движение штока с поршнем, который выдавливает цементно-песчаный раствор через резиновый шланг и нагнетательную трубу в скважину.

Для поднятия поршня в исходное положение электросверло надевается на хвостовик другого конца вала червяка.

Шприц механический для установки железобетонных анкеров конструкции ЛГИ состоит из цилиндра 11, штока 12 с поршнем, трубы 13, ручки 14 и предназначен для подачи цементно-песчаного раствора в

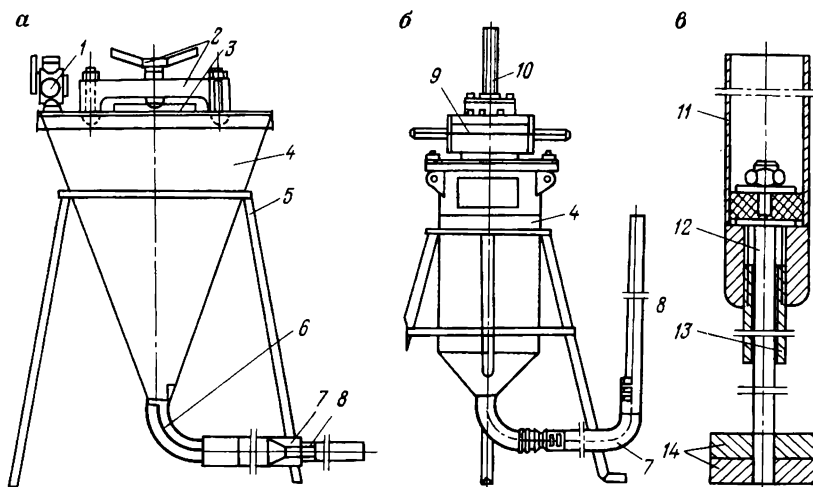


Рис. 13.6. Устройство для подачи песчано-цементного раствора в скважину под анкерную крепь

скважину (рис. 13.6, в). Раствор, помещенный в цилиндр шприца, выталкивается из него в скважину вручную посредством штока с поршнем.

### 13.4. Возведение армополимерной анкерной крепи

Различают ампульную и безампульную технологию установки адгезионных анкеров.

При безампульной технологии установки армополимерного анкера возможны две схемы подачи закрепляющего состава в скважины: однорастворная и двухрастворная (двухкамерная).

Однорастворную схему подачи применяют в случае, когда время гелеобразования у закрепляющего полимерного состава достаточно для смешивания его компонентов и подачи готового раствора в скважины. В этом случае время гелеобразования состава должно быть больше 20 мин. Достоинством однорастворной схемы является простота и возможность применения оборудования, что и для установки железобетонных анкеров, а недостатком является то, что в готовом виде закрепляющий состав пригоден к использованию только в течение времени гелеобразования.

Двухрастворную схему подачи применяют в случае, когда время гелеобразования у закрепляющего полимерного состава недостаточно для смешивания его компонентов и подачи готового раствора в скважины. В противном случае закрепляющий состав полимеризуется в системе пневмонагнетателя и выводит его из строя. Для устранения этого недостатка смешивание полимерной смеси производят в специальном смесителе непосредственно перед их подачей. На рис. 13.7, а показана двухрастворная схема подачи закрепляющего состава в скважины.

Емкость 1 пневмонагнетателя (типа ПН) заполняют смолой и на-

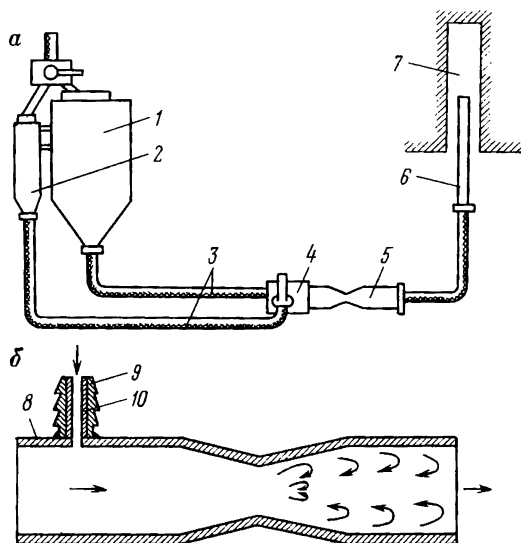


Рис. 13.7 Схема нагнетания (а) и конструкция смесителя (б) компонентов твердеющего состава

полнителем и перемешивают их. В бак 2 заливают раствор отвердителя. Под давлением сжатого воздуха связующая смесь и раствор отвердителя по подающим шлангам 3 поступают в смеситель 4, 5, где происходит их смешивание, а затем готовый связующий состав через трубку 6 подается в скважину 7

Подачу состава в скважину регулируют краном. Конструкция смесителя показана на рис. 13.7, б. К корпусу 8 смесителя приварен штуцер 9 для подачи отвердителя в смеситель. Расход отвердителя регулируется калиброванным отверстием 10, диаметр которого устанавливается опытным путем.

Принцип действия смесителя следующий. Перпендикулярно продольной оси смесителя расположен штуцер с калиброванным отверстием, через который поступает водный раствор отвердителя под давлением сжатого воздуха в смеситель и происходит их первоначальное смешивание.

После штуцера (по направлению движения смеси) диаметр корпуса смесителя уменьшен в два раза с целью повышения скорости движения смеси, а затем увеличен в два раза с целью снижения скорости истечения смеси и создания турбулентного движения. На этом участке смесителя происходит окончательное перемешивание песчано-полимерной смеси с водным раствором отвердителя.

Достоинством двухрастворной схемы подачи является то, что исключено отверждение состава в системе пневмонагнетателя.

Недостатком является необходимость систематической очистки смесителя от наслоений закрепляющего состава.

В настоящее время наиболее широкое применение находит одноразовая схема подачи закрепляющего состава в скважины, которая исполь-

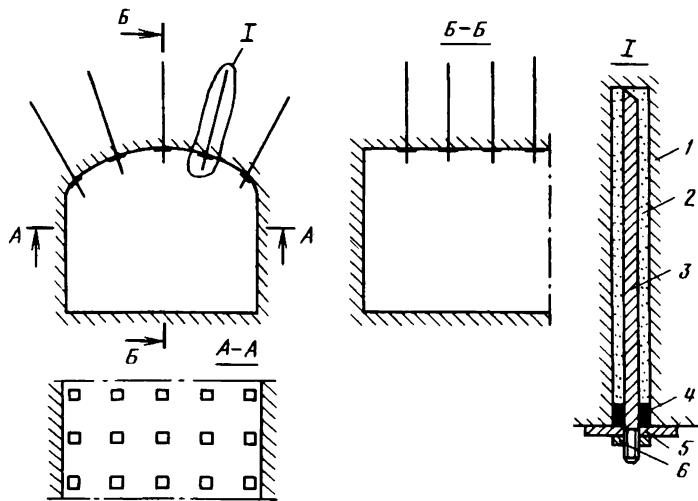


Рис. 13.8. Схема крепления армополимерными анкерами транспортного уклона блока 5/43 в условиях Зодского рудника

зуются при безампульной технологии возведения армополимерных анкеров на рудниках Норильского ГМК, Урупского ГОК и ПО «Армзолото».

Безампульная технология крепления армополимерными анкерами была применена при проходке транспортного уклона блока 5/43 в условиях Зодского рудника (рис. 13.8)

Стержни анкеров 3 из периодического профиля длиной 1970 мм устанавливались в скважинах 1 глубиной 1900 мм.

Закрепляющий состав 2 размещается по всей длине скважины. Для предотвращения вытекания закрепляющего состава из скважины использовалась пробка 4. На выступающий конец стержня надевалась опорная плитка 5 и навинчивалась гайка 6.

Ниже приведен расход материалов на одну скважину.

Армирующий стержень, кг	3,94
УКС-6, кг	1,1
Щавелевая кислота, градус	50
Песок, кг	1,8
Вода, кг	0,2
Опорная плитка, шт	1
Гайка, шт.	1
Пробка, шт.	1

### 13.5. Переносные и перекатные станки

Переносные станки на базе электросверл с ручной или принудительной подачей получили наибольшее распространение в угольной промышленности. Для бурения скважин под анкерную крепь каждый бассейн, как правило, использует станок, созданный в соответствующем районе бассейновыми институтами, особенности конструкций которых описаны ниже.

Так, в условиях шахт Кузбасса широким распространением пользуется реечный переносной станок, сконструированный по принципу станка К. Н. Ротсолайнера.

Станок с реечным податчиком (рис. 13.9, а) состоит из опоры 1, стойки 2, к которой приклепана зубчатая рейка 3, направляющей втулки 4 с кареткой для электросверла 5, защелки 6, кронштейна с люнетом 7, рычага подачи 8 с собачкой 9 и рычага включения электросверла 10.

Принцип работы станка состоит в следующем: настроив буровой инструмент на бурение, включают электросверло 5 нажатием рычага 10. Подача электросверла осуществляется нажатием рычага 8, в результате чего сверло подается вверх на величину шага зубчатой рейки 3. Периодическим нажатием на рычаг 8 достигается перемещение электросверла на величину рабочего хода подачи, равного 700—800 мм. Для получения скважины требуемой глубины производится замена бурового инструмента, перестановка станка с последующей настройкой его на добуривание скважины. Недостатком станка является отсутствие распорной стойки для поддержания подхвата и отсутствие пылеулавливания.

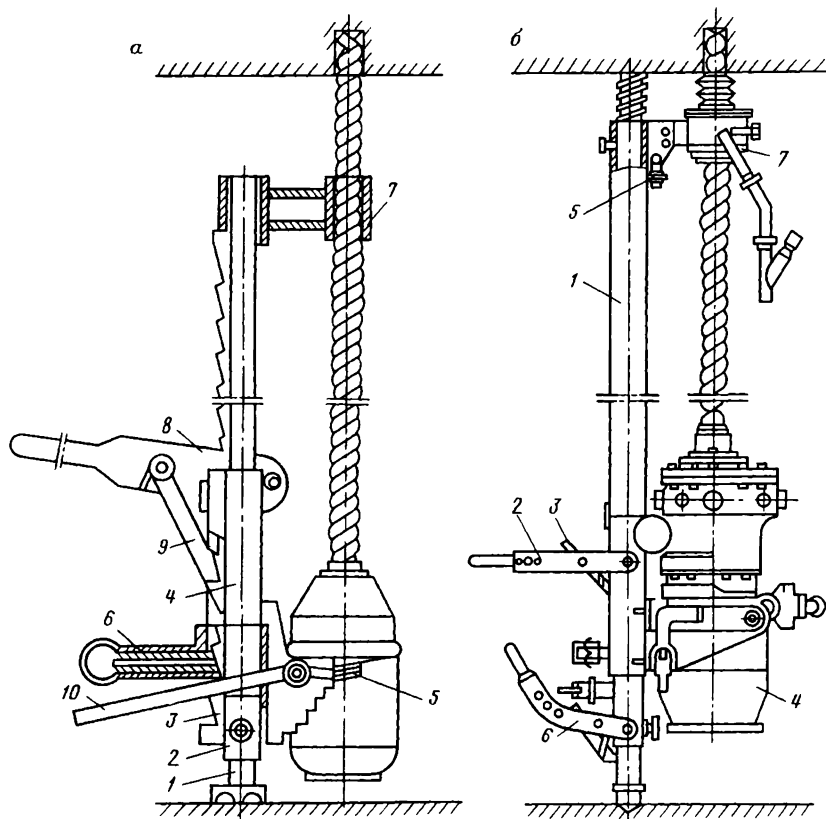


Рис. 13.9. Переносные станки для бурения скважин под анкерную крепь:  
 с реечным податчиком; б — типа УАМ

КНИУИ разработан более совершенный буровой станок (рис. 13.9, б) для бурения скважин под анкерную крепь типа УАМ.

В отличие от реечного станка распорная колонка 1 имеет отверстие для обеспечения подачи электросверла вручную путем использования рычага 2 со стопорным устройством 3. При использовании для бурения скважин электросверла 4 с принудительной подачей трос от редуктора заводится через блок 5. Распор колонки между кровлей и почвой пласта осуществляется посредством распорного устройства 6.

Для отвода буровой мелочи и пыли применяется пылеуловитель 7, состоящий из вращающегося корпуса с выгребными лопастями и пылеотводящего патрубка с рукавом, снабженным оросительным устройством.



## Техническая характеристика станка УАМ

Высота колонки, м	1,8—3,3
Частота вращения внутреннего шпинделя при бурении скважин, мин <sup>-1</sup>	318
Частота вращения внешнего шпинделя при создании анкерами предварительного натяжения, мин <sup>-1</sup>	58
Максимальный крутящий момент при создании анкерами предварительного натяжения, кН·см	25
Максимальный крутящий момент при бурении, кН·см	4
Подача привода	Механическая, рычажная
Скорость подачи, мм/мин	600
Усилие подачи, кН	3±0,5
Эффективная получасовая мощность двигателя, кВт	1,4
Напряжение, В	127
Усилие распора колонки, кН	3±0,5
Телескопичность колонки, мм	800
Масса, кг	65—70

Применение установок УАМ на шахтах позволяет на 85—90 % механизировать процесс возведения анкерной крепи, расширить область ее применения, повысить устойчивость выработок и в 3—4 раза снизить трудоемкость возведения анкером.

ДонУГИ на базе электросверла ЭРП-18ДМ разработан переносной станок (рис. 13.10, а), состоящий из неподвижной трубы 1, входящей внутрь выдвижной эллиптической трубы 2, по которой поступательно перемещается каретка 3 с электросверлом 4. На барабан подачи 5 наматывается канат 6 который охватывает ролики 7, 8, 9, установленные на выдвижной трубе 2, и ролик 10, расположенный сверху неподвижной трубы 1. Свободный конец каната жестко закреплен на нижнем конце трубы 2. Пыль улавливается пылеуловителем 11.

Первоначальный распор установки происходит под действием массы электросверла. Бурение скважин всегда происходит на одинаковую глубину, так как каретка с электросверлом перемещается по подвижной трубе.

## Техническая характеристика

Усилие подачи, кН	до 3
Максимальная величина подачи, мм/мин	600
Мощность электросверла, кВт	1,4
Высота установки, мм:	
максимальная	3850
минимальная	2500
Глубина бурения скважин, мм	до 1850
Масса, кг	54

ПечорНИИпроектом разработан переносной станок УПА (рис. 13.10, б) для возведения винтовой анкерной крепи. Станок состоит из распорной колонки 1, электросверла 2 типа СЭР-19м, редуктора-приставки 3, пылеулавливающего колпака 4, буровой штанги 5 с коронкой диаметром 22 мм и пылеотводящей трубы 6.

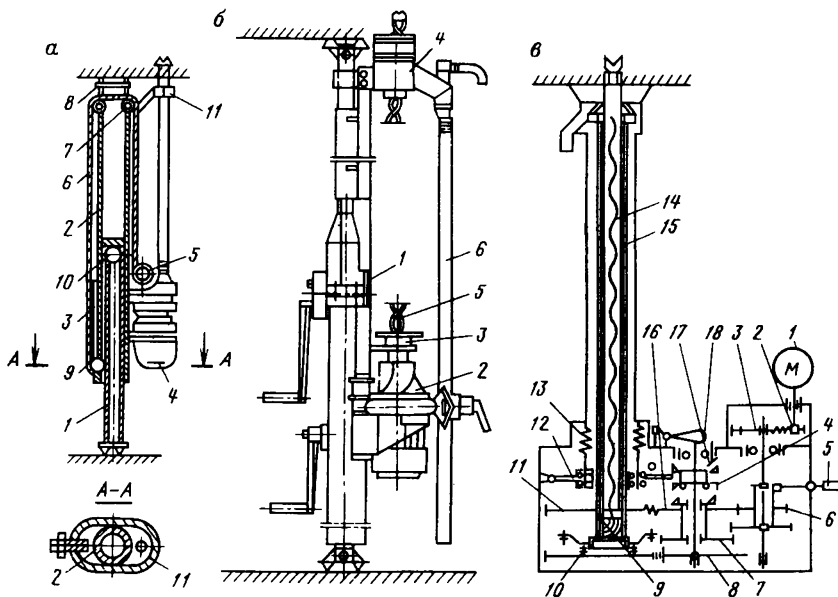


Рис. 13.10. Усовершенствованные станки для бурения скважин под анкерную крепь конструкции:

а, в — ДонУГИ, б — ПечорНИИпроекта

В нижней части станка имеется винтовой распорный механизм, позволяющий развивать усилие распора до 14,5 кН, а в верхней — телескопическая часть, выдвигаемая в зависимости от высоты выработки. Общая величина раздвижки станка составляет 600 мм.

Колонка станка представляет собой трубу с двумя трубчатыми направляющими. Внутри корпуса имеются распорный механизм, лебедка подачи и выдвигаемая часть. По направляющим при помощи лебедки подачи и каната перемещаются каретки сверла и редуктора.

Для работы с верхняками из профиля СВП имеется сменная верхняя опора. Верхние опоры станка позволяют производить установку анкеров под углом 15° к вертикали.

Работа установки происходит следующим образом. Выдвижением верхней части устанавливается необходимый габарит станка по высоте в зависимости от размера выработки. Затем вращением рукоятки осуществляется распор станка между почвой и верхняком. Устанавливается на каретку сверло, в которое вставляется штанга с коронкой. Подача при бурении осуществляется лебедкой с барабаном, на который наматывается тяговый канат диаметром 4,5 мм.

После бурения породы на глубину, определяемую длиной анкера, буровая штанга с коронкой извлекается. На каретку редуктора устанавливается приставка (редуктор) для винтового анкерования, которая соединяется со сверлом, затем в гнездо выходного вала своим хвостом

виком вставляется винтовой анкер с опорной шайбой. Включив сверло и вращая рукоятку лебедки, ввинчивают анкер в кровлю.

#### Техническая характеристика станка УПА

Наименьшая конструктивная высота, мм	2100
Наибольшая конструктивная высота, мм	2700
Величина раздвижки, мм	600
Распор (при усилии на рукоятке 0,2 кН), кН	145
Тип рекомендуемого электросверла	СЭР-19М
Мощность электросверла, кВт	1,2
Крутящий момент на выходном валу приставки для винтового анкерования, Н·м	190
Число оборотов выходного вала приставки (при числе оборотов электросверла $n = 700$ )	42,7
Масса станка, кг	56

Установка УБШ-3 разработана ДонУГИ для бурения скважин диаметром 43 мм и длиной до 3 м под анкерную крепь в выработках высотой 0,8—1,5 м по породам с  $f \leq 6$  (рис. 13.10 в).

#### Техническая характеристика станка УБШ-3

Угол наклона скважины от вертикали, градус	0—25
Частота вращения буровой штанги, мин <sup>-1</sup>	213—417
Скорость бурения, мм/мин	310—604
Скорость обратного (холостого) хода, мм/мин	1700—3340
Диаметр резцов, мм	42
Номинальная мощность электродвигателя, кВт	1,2
Габаритные размеры, мм:	
длина	465
ширина	318
высота	900 и 1200
Масса, кг	52 и 55

В качестве привода в переносном станке используется ручное электросверло типа СЭР-19М с редуктором размещенного в предохранительном корпусе.

Принцип работы станка описан в работе [21] и состоит в следующем: вращение от двигателя 1 на винт 14 передается через пары шестерен 2 и 3, блок шестерни 6 и колесо 7 или муфту 4 и пару колес 8 и 10 (последнее жестко соединено с подающим винтом 14) Крутящий момент на пустотелую штангу и ходовую гайку 9 поступает через пары шестерен 2 и 3, блок-шестерню 6 и колеса 16 и 11. Колесо 11, соединенное шпонкой с полым валом 15, передает крутящий момент на ходовую гайку 9 посредством двух шпонок, закрепленных на внутренней поверхности полого вала по всей его длине и взаимодействующих с ними пазов на наружной поверхности штанги.

При включенной кулачковой муфте 4 скорость вращения винта больше, чем у ходовой гайки с пустотелой штангой благодаря подбору передаточных чисел зубчатых пар редуктора. В этом случае осуществляется подача штанги на забой, величина которой определяется разностью оборотов между ходовой гайкой и винтом, а также шагом резьбы.

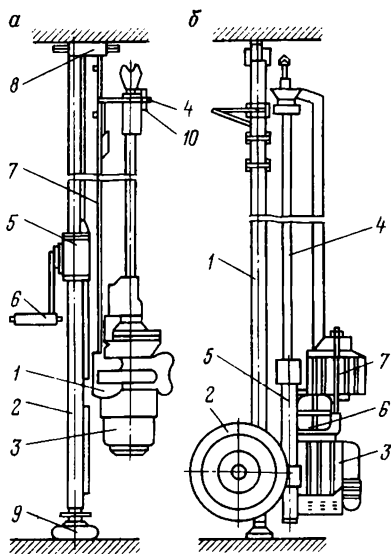


Рис. 13.11. Буровые станки КР-3 (а) и МАП-1 (б)

Для обратного холостого хода штанги с помощью рукоятки 18, закрепленной шарниром 12 и пружиной 13 на корпусе редуктора, разъединяют кулачковую муфту 4, затормаживая ее конус 17, прекращают вращение подающего винта 14. Пустотелая штанга с ходовой гайкой, продолжая вращаться, перемещается по винту с маневровой скоростью. Чтобы исключить заклинивание установки в крайних положениях рабочего и маневрового ходов, полый вал 15 свободно передвигается вдоль своей оси. Ходовая гайка, достигая крайнего верхнего положения, упирается в крышку и увлекает за собой вверх полый вал, который связан с рукояткой управления 18 кронштейнами. В этом случае разъединится муфта 4 и включится установка на обратный ход.

В крайнем нижнем положении ходовая гайка, упираясь в дно полого вала 15, перемещает его вниз, вследствие чего включается кулачковая муфта 4 и установка переводится в режим «бурение». Рукоятка 5 служит для переключения скоростей вращения буровой штанги.

КузНИУИ разработаны переносные станки КР-3 и ПР, предназначенные для бурения скважин электросверлами с принудительной и ручной подачей.

Станок КР-3 (рис. 13.11, а) состоит из распорной стойки 2 с механизмом распора 5 от серийных стоек ВК-7 или ВК-8, каретки 3 с закрепленным на ней сверлом с принудительной подачей. Нижняя опора 9 шарнирно соединена со стойкой с тем, чтобы можно было бурить скважины под различными углами. В верхней части стойки имеется опора 8 вогнутой формы для поддержания подхвата и разъемный люнет 4, который служит для создания направленности бурения и предотвращения искривления скважины. Конструкция люнета позволяет быстро заменять буровые штанги и вводить анкер в скважину после бурения. Разъем люнета производится путем воздействия на подпружиненный люнет через кольцо 10. Подача сверла на забой осуществляется механизмом подачи сверла. Для этого тросик 7 электросверла крепится к верхней опоре распорной стойки. Распор станка между кровлей и почвой штрека осуществляется путем вращения рукоятки 6, передающей через пару конических шестерен вращение стержню с ленточной резь-

бой. Последний, вращаясь, перемещает в продольном направлении гайку с распорной трубой и опорой 9.

Станок ПР позволяет бурить скважины как электросверлами с принудительной подачей, так и ручными электросверлами. Главным отличием его от предыдущих станков является возможность перемещения каретки с электросверлом как по нижней части распорной стойки, так и по верхней. Механизм раздвижки и распора совмещен и выполнен в виде фрикционной передачи. Распор стойки между кровлей и почвой выработки осуществляется путем вращения вала ключом, расположенным на шестигранной головке. При этом вал вращает коническую пару, передавая вращение винту с ленточной резьбой. Винт взаимодействует с гайкой, к торцевой поверхности которой приварена выдвигная часть стойки. Поступательное перемещение гайки обеспечивает распор стойки. Для лучшего взаимодействия с подхватом в верхней части выдвигной стойки распорлагается подпружиненный захват. При бурении скважин ручными электросверлами подача сверла осуществляется вращением барабана ключом при его расположении на шестигранной поверхности, обеспечивая укорачивание троса, от электросверла, перекинутого через блочек. Для удержания электросверла в заданном положении предусмотрен храповой механизм с собачкой.

Переносной станок ПА-1 разработан ЦНИИПодземмашем по технико-экономическим требованиям КузНИУИ на базе станка КР-3 и предназначен для бурения скважин под анкеры в породах с  $f \geq 4$ .

Для снижения трудоемкости бурения скважин под анкеры в породах  $f = 4 \div 8$  в подготовительных выработках площадью поперечного сечения 3,5—6 м<sup>2</sup>, проходимых с углом наклона до 6°, ЦНИИПодземмашем по технико-экономическим требованиям КузНИУИ разработана перекатная анкероувальная машина МАП-1 (рис. 13.11, б)

#### Техническая характеристика МАП-1

Высота выработки, м	1,9—2,5
Мощность электродвигателя, кВт	3,5
Усилие подачи, кН	До 16
Усилие распора распорной стойки, кН	До 20
Размеры в транспортном положении, мм:	
ширина	660
высота	820
длина	1816
Масса, кг	210

Машина МАП-1 состоит из направляющей распорной стойки 1, пневмоколес 2, электрогидравлического сверла 3, буровой штанги 4. Распор стойки 1 между кровлей и почвой выработки осуществляется гидродомкратом распора, расположенным в нижней ее части, а подача бурового инструмента на забой — гидродомкратами 5. Электрогидравлическое сверло 3 разработано на базе серийно выпускаемого электрогидравлического бура ЭБГП-1, в котором для уменьшения размеров по длине переделан механизм подачи, а гидропривод перенесен в перед-

ную часть сверла. Электрогидравлическое сверло состоит из асинхронного двухполюсного электродвигателя с короткозамкнутым ротором в алюминиевом корпусе с наружным обдувом, редуктора 6 и гидропривода 7

При бурении скважин машиной МАП-1 по породам с  $f = 5—10$  в условиях шахты им. Ленина в Кузбассе достигнута техническая скорость бурения 0,67 м/мин, производительность труда бурильщика 34 м/смену. Расход воды для промывки во время бурения скважин составил 5—6 л/мин при давлении 0,4—0,5 МПа.

### 13.6. Самоходные машины для возведения анкерной крепи

ЦНИИПодземмаш разработан ряд модификаций самоходных машин для бурения скважин под анкерную крепь, в том числе БУА-1с и БУА-3 (рис. 13.12, а).

Самоходная машина БУА-3 состоит из манипулятора 1, гусеничного механизма передвижения 2, редуктора с электродвигателем 3, электроблока 4, пульта управления 5 и бурильной машины 6 с раздвижным податчиком и вращателем. На раме машины смонтирован маслобак.

Питание всех элементов гидропривода производится от маслостанции трехсекционным насосом ЗНМШ-0,15 с. Насос маслостанции приводится в действие от электродвигателя ВАД72-6 мощностью 22 кВт.

Габариты машины (длина×ширина×высота) соответственно равны 7,75 1,1×1,35 м. Масса 5230 кг.

Самоходная бурильная установка БУА-1с смонтирована на колесном ходу.

Для повышения эффективности применения анкерной крепи следует перейти к более широкому использованию проходческих агрегатов АП-2, предложенных в Кузбассе творческим коллективом шахты «Нагорная» (рис. 13.12, б).

Создание агрегата обусловлено требованием одновременного выполнения основных и вспомогательных операций проходческого цикла при проведении комбайнами выработок большой протяженности, длиной более 1000 м с механизированным возведением анкерной крепи и использованием телескопического ленточного конвейера с передвижной концевой головкой для транспортирования горной массы от проходческого комбайна, доставки материалов в забой.

Агрегат может применяться для проведения выработок с анкерной крепью площадью поперечного сечения 5,3—12 м<sup>2</sup> по углю и смешанному забою с присечкой до 30 % неабразивных пород с  $f \leq 4$ .

Форма сечения выработки может быть прямоугольной или трапецевидной. Доставка материалов и рабочих в забой осуществляется по нижней холостой ветви ленты, а угля из забоя — по верхней. Растягивание ленты производится укорачиванием ее телескопической части при движении агрегата на забой.

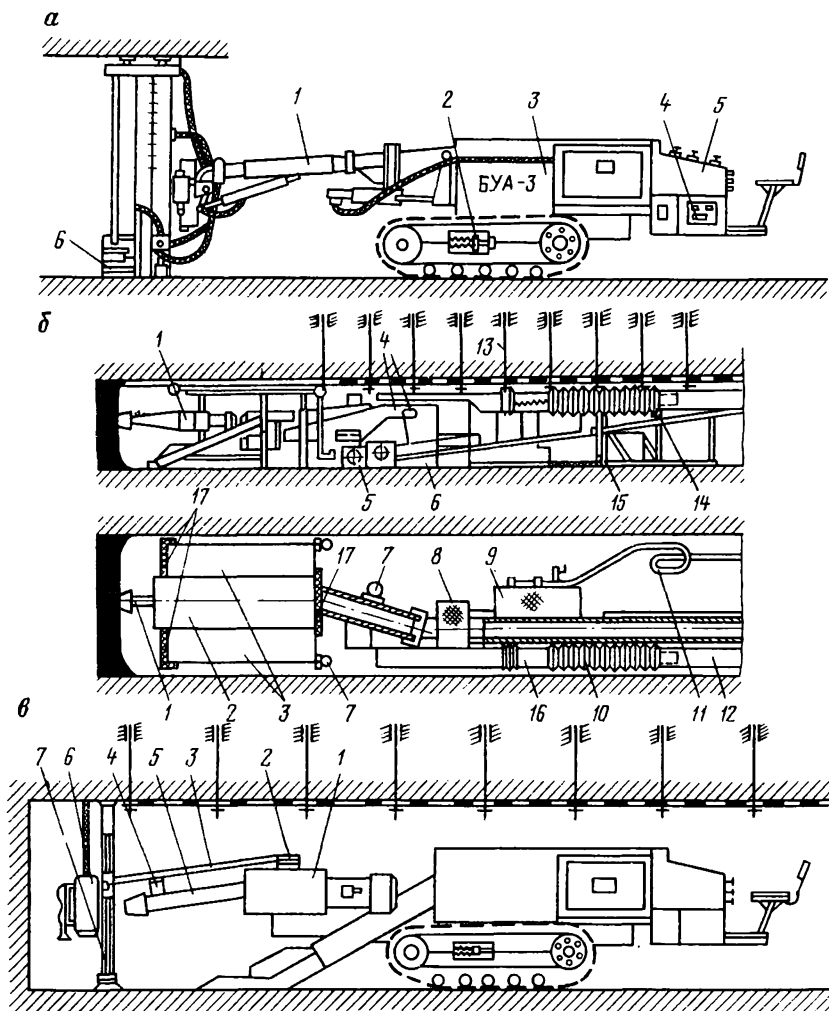


Рис. 13.12. Самоходные машины для бурения скважин под анкерную крепь

Агрегат АП-2 (см. рис. 13.12, б) состоит из комбайна 1 типа ПК-3Р, центральной 2 и боковых секций 3 временной крепи, ленточного перегружателя 4, концевой передвижной головки 5, конвейера 2ЛТ-80, телескопического ленточного конвейера 6, трех электрогидравлических буров 7 типа ЭБГП-2 для одновременного бурения скважин под анкерную крепь 13, переходного полка 8, посадочной площадки 9, аккумулятора вентиляционных труб 10, противопожарного шланга с петлей 11, для автоматического его удлинения, вентиляционной трубы 12, роликовой опоры 14, винтовой стойки 15 и датчика автоматического конт-

роля воздуха 16 типа АКВ. Комбайн ПК-3Р взят без изменения. Комбайн на гусеничном ходу заходит на постель средней секции временной гидрофицированной крепи и болтами и хомутами жестко закрепляется к задним гидростойкам с использованием корпуса редуктора.

Для автоматического наращивания вентиляционного става и шланга для орошения забоя предусмотрен аккумулятор вентиляционных труб и шланг

После проходки выработки ленточный конвейер используется для транспортирования угля из очистного забоя без применения штрекового перегружателя. По мере передвижения очистного комплекса КМ-81 по лаве конвейер укорачивается. Для автоматической перетяжки кровли были использованы три рулона сетки 17 два из которых были подвешены впереди временной крепи, а один сзади. Таким образом, в процессе проходки конвейерного штрека ленточный конвейер наращивается, а в процессе выемки угля в лаве постепенно укорачивается. При применении проходческого агрегата АП-2 на шахте «Нагорная» ПО «Гидроуголь» среднемесячное подвигание забоя составило 22 м/смену и 66 м/сутки.

На шахте «Томская» ПО «Южкузбассуголь» разработано на базе гидробура типа ЭБГП навесное оборудование к проходческому комбайну со стреловидным органом (рис. 13.12, в)

Проходческий комбайн 1, содержащий редуктор и стрелу 5 исполнительного органа, снабжен навесным оборудованием, которое состоит из трубчатого поворотного водила 3, поворотной опоры 2, кронштейна с проушиной, имеющего кольцевую проточку для фиксации на водиле стопорным болтом, неподвижной опоры-антивибратора 4, бурильной машины 6 с цилиндрами подачи 7 Опора-антивибратор выполнена из пальца, приваренного к изогнутой по дуге крышке, которая в свою очередь прикреплена болтами к стреле комбайна и съемного седла. Поворотная опора с осью закреплена на корпусе с возможностью отклонения водила на небольшой угол в вертикальной плоскости. Проходческий комбайн с навесным оборудованием работает следующим образом.

При выемке комбайном горной массы навесное оборудование находится в транспортном положении и располагается сбоку комбайна. Перед началом бурения на палец надевают съемное седло, затем вручную разворачивают водило с бурильной машиной и помещают в седло. Последующие операции заключаются в управлении ходовой частью комбайна и его исполнительным органом для подведения бурильной машины к заданному месту бурения скважин. Окончательную настройку бурильной машины на бурение скважин производят путем перемещения ее в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, одна из которых параллельна забою выработки, что достигается шарнирными соединениями кронштейна с водилом и бурильной машиной. После бурения первой скважины исполнительный орган комбайна перемещают в новое положение. Бурильную машину устанавливают на заданное место новой скважины и производят бурение. При настройке на бурение бурильную



машину благодаря шарнирному соединению кронштейна с водилом возможно разворачивать на  $360^\circ$  в вертикальной плоскости, что позволяет обуривать кровлю, бока и почву выработки различной формы сечением  $5-15 \text{ м}^2$

Испытания показали, что один проходчик осуществляет с помощью водила перевод буровой машины из транспортного положения в рабочее за 12—15 с. Затраты времени на бурение одной скважины длиной 1,8 м составляют 1,0—1,5 мин.

На рудниках Джекказганского комбината Казахстана для возведения анкерной крепи в камерах применяется агрегат САКК-3 (рис. 13.13) Агрегат состоит из ходовой части на гусеничном ходу 1, стрелы подъема 3, гидроцилиндра подъема 2, рабочего полка 5, направляющих автоподатчиков 4, автоподатчиков с буровыми головками 6.

Подвеска автоподатчиков на тележках продольного хода сбоку платформы предусматривает возможность бурения скважин под анкерную крепь по сеткам  $1 \times 1$  и  $2 \times 2 \text{ м}$ .

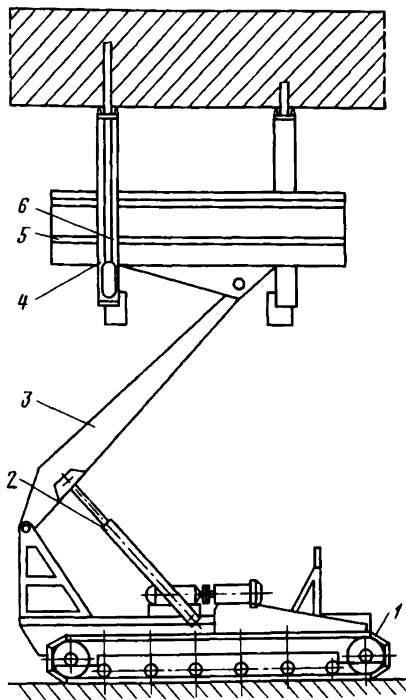


Рис. 13.13. Самоходный агрегат САКК-3 для установки анкерной крепи

#### Техническая характеристика агрегата САКК-3

Максимальная высота подъема рабочей платформы, м	6
Максимальный радиус обслуживания одной установки, м	4,8
Грузоподъемность рабочей платформы, кН	15
Наибольший преодолеваемый подъем, градус	20
Скорость передвижения машины, км/ч	1,4—3
Время подъема платформы на максимальную высоту, мин	1
Общая установленная мощность, кВт	42
Рабочее напряжение, В	380
Размеры в транспортном положении, м:	
длина	6,5
ширина	2,46
высота	2,8
Масса, кг	17,1

### 13.7. Направления совершенствования средств механизации возведения анкерной крепи

В ИГТМ АН УССР разработана гидравлическая установка для задавливания стержней анкеров в слабые горные породы без предварительного бурения скважин [28]. Установка (рис. 13.14, а) состоит из двух основных узлов: из блока цилиндров и зажимного устройства. Блок цилиндров располагается на тележке 1, так что два гидроцилиндра распора 2 соединены между собой скобой 3 и расположены штоками вниз, а два гидроцилиндра 4 установлены на первых двух гидроцилиндрах. Штоки цилиндров распора соединены опорной плитой 5. На блоке цилиндров задавливания располагается опорная балка 6 с корпусом 7 зажима для анкера 8. Зажимное устройство выполнено в виде цапги, кулачки 9 которой прижаты к анкеру 8 пружиной 10. На гидроцилиндры задавливания установлена рама 11 с гидравлическим распределителем 12. Золотник распределителя тягой 13 соединен с опорной балкой 6.

Испытания показали, что в известняках прочностью 5—8 МПа скорость возведения анкеров составила 0,17—0,33 м/мин. Анкеры длиной 1,5—1,8 м устанавливались за 6—8 мин.

В США опробован способ бурения скважин диаметром 20—25 мм струями воды высокого давления. Установка (рис. 13.14, б) состоит из направляющей коронки 1 с насадкой, трубки 2 подачи высококапальной воды, буровой трубчатой штанги 3, направляющей бурения скважины 4, устройства 5 для регулирования подачи буровой штанги, устройства 6 для отвода воды при снижении давления регулировочного вентиля давления 7

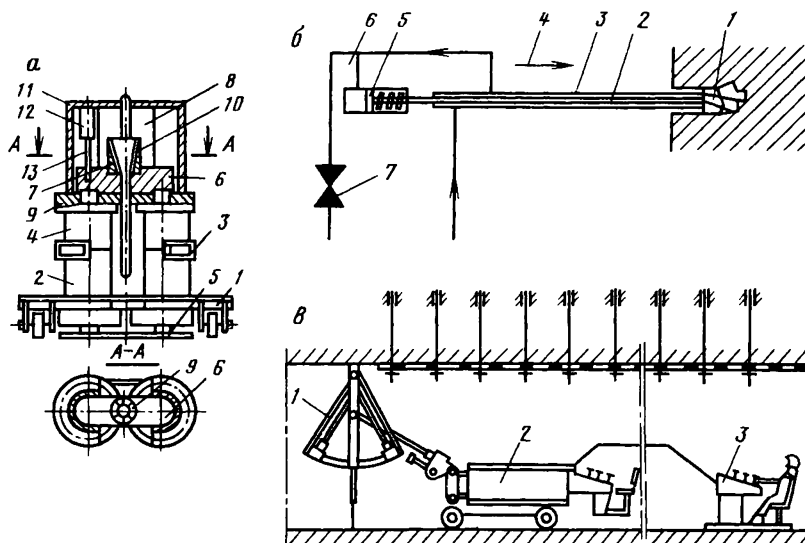


Рис. 13.14. Создаваемые средства механизации возведения анкерной крепи

Установлено, что бурение скважин струями воды высокого давления может производиться при крутящем моменте 15 Н·м, вместо 200 при механическом бурении, а диаметр буровой штанги 10 мм вместо 22. Кроме того расходуется в 4 раза меньше электроэнергии.

ВНИИОМШСом выполнены исследования по созданию робототехнических средств для возведения анкерной крепи на базе автоматического манипулятора с программным управлением [22]

Установка анкеров с патронированными вяжущими осуществляется по схеме, приведенной на рис. 13.14, в.

Промышленный робот 2 устанавливается в зоне возведения анкерной крепи. Оператор с помощью дистанционного управления 3 выполняет распор устройства и наведение бурильного механизма, расположенного на блоке 1 исполнительных органов манипулятора. Затем оператор включает программное управление, дальнейшая работа робота происходит в автоматическом режиме.

Изготовлены опытные образцы установок УБШ214 (пневматический вариант) и УБШ215 (гидравлический вариант) для бурения взрывных шпуров в забое и скважин под анкерную крепь в крепких породах для выработок шириной 2,2—4 м и высотой 2,2—3,2 м.

Пневматический вращательно-ударный механизм позволяет обеспечить крутящий момент буровой штанги 200 Н·м при 2690 ударах в минуту, гидравлический вариант — от 80 до 200 Н·м при частоте ударов 4500 ударов в минуту.

При создании навесного оборудования к проходческим комбайнам для бурения скважин под анкерную крепь КузНИУИ рекомендуется использовать насос НШ-32. По сравнению с гидровращателем ЭБГП предлагается бурильная машина БМ-1, имеющая следующую техническую характеристику.

Машина	ЭБГП	БМ
Привод	Электродвигатель	Насос НШ-32
Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	319; 170	430; 235
Крутящий момент, Н·м	77; 140	140; 250
Мощность вращателя, кВт	2,5	6,4
Масса, кг	130	80—90

#### 14. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АНКЕРНОЙ КРЕПИ

Настоящая методика содержит перечень показателей экономической эффективности применения анкерной крепи по сравнению с рамной. Она отражает основные положения «Временной методики определения плановых и фактических показателей экономической эффективности внедрения научно-технических мероприятий в угольной промышленности» [11]

Технико-экономические преимущества анкерной крепи, оцениваемые по эксплуатационным затратам на проведение выработок, состоят в

том, что она дешевле и в 3—8 раз легче рамной крепи, за счет чего снижается трудоемкость крепления и доставки материалов, повышается скорость проведения выработок, уменьшается удельный расход электроэнергии и доля амортизационных отчислений.

Экономия материальных ресурсов на 1 м выработки, исчисляемая в денежном выражении, определяется при использовании анкерной крепи взамен рамной из выражения

$$\mathcal{E}_m = S_p N_p + S_{зб} - S_a N_a - S_n N_n - S_{зн} N_{зн}, \quad (14.1)$$

где  $\mathcal{E}_m$  — экономия денежных средств от снижения стоимости крепи, руб/м;  $S_p$  и  $S_{зб}$  — стоимость рамы и затяжки базовой крепи, руб.  $S_a$ ,  $S_n$ ,  $S_{зн}$  — стоимость анкера, подхвата и затяжки новой крепи, руб.  $N_p$  и  $N_{зб}$  — число рам и затяжек базовой крепи на 1 м выработки;  $N_a$ ,  $N_n$ ,  $N_{зн}$  — число анкеров, подхватов и затяжек новой крепи на 1 м выработки (принимается по паспорту крепления).

Экономия денежных средств от снижения, трудоемкости доставки крепежных материалов на 1 м выработки равна

$$\mathcal{E}_d = \left[ \sum_{i=1}^n \frac{t_1(R_{мб} - R_{мн})i}{H_{им}} + \sum_{i=1}^n \frac{t_1(R_{дб} - R_{дн})i}{H_i} + \sum_{i=1}^n \frac{t_1(R_{жб} - R_{жн})i}{H_{иж}} \right] K_{доп}, \quad (14.2)$$

где  $\mathcal{E}_d$  — экономия денежных средств от снижения трудоемкости доставки крепежных материалов, руб/м;  $t_1$  — тарифная ставка рабочих, занятых на операциях доставки крепежных материалов, руб.  $R_{мб}$ ,  $R_{дб}$ ,  $R_{жб}$  — расход металла, дерева, железобетона по базовому варианту, т ( $\text{м}^3$ );  $R_{мн}$ ,  $R_{дн}$ ,  $R_{жн}$  — расход металла, дерева, железобетона по новому варианту, т ( $\text{м}^3$ );  $H_{им}$ ,  $H_{ид}$ ,  $H_{иж}$  — норма выработки на доставку металла, дерева, железобетона, т ( $\text{м}^3$ );  $n$  — число операций, выполняемых рабочими при доставке крепежных материалов (погрузка, транспортировка, выгрузка);  $i$  — порядковый номер операций, связанных с доставкой крепежных материалов;  $K_{доп}$  — коэффициент доплат.

Для крепей, выполненных из однородных материалов, в расчет принимается один из членов уравнения (14.2)

Экономия денежных средств от снижения трудоемкости выемки горной массы и крепления выработки по базовому и новому вариантам находится из выражения

$$\mathcal{E}_n = \left[ \frac{(V_{вб} - V_{вн})t_v}{N_v} + \frac{V_{кб}t_k}{N_{кб}} - \frac{V_{кн}t_k}{N_{кн}} - \frac{V_{бк}}{N_б} \right] K_{доп}, \quad (14.3)$$

где  $\mathcal{E}_n$  — экономия денежных средств от снижения трудоемкости выемки горной массы и крепления выработки, руб/м;  $V_{вб}$ ,  $V_{вн}$  — объем работ на 1 м выработки, связанных с выемкой горной массы по базовому и новому вариантам, м;  $V_{кб}$ ,  $V_{кн}$  — объем работ на 1 м выработки, связанных с возведением рамной и анкерной крепей, рама (штук анкеров);  $V_б$  — объем работ на 1 м выработки, связанных с бурением скважин под анкерную крепь, м;  $t_v$ ,  $t_k$  — тарифные ставки рабочих, занятых выемкой горной массы и креплением выработки, руб.  $N_v$ ,  $N_б$  — нормы выработки на выемку горной массы и бурение скважин под анкерную крепь, м;

$N_{кб}$ ,  $N_{кн}$  — нормы выработки на возведение крепи по базовому и новому вариантам, круг (шток анкеров).

Разница в амортизационных отчислениях на 1 м выработки по базовому и новому вариантам вычисляется по формуле

$$\mathcal{E}_a = \frac{T_б - T_n}{vT_б} \sum^n C_j H_j, \quad (14.4)$$

где  $\mathcal{E}_a$  — экономия денежных средств от снижения уровня амортизационных отчислений, руб/м;  $T_б$ ,  $T_n$  — суммарная трудоемкость доставки крепёжных материалов, выемки горной массы и возведения крепи на 1 м выработки по базовому и новому вариантам, чел-смен;  $C_j$  — стоимость  $j$ -го оборудования (машин), используемых при проведении выработки, руб.;  $H_j$  — норма амортизационных отчислений в сутки за использование  $j$ -го оборудования (машин), %;  $v$  — скорость проведения выработки по базовому варианту, м/сут.

Экономия денежных средств от снижения расхода электроэнергии на 1 м выработки

$$\mathcal{E}_3 = W_3 \left( a_1 T_{cp} K_N + \frac{a_2}{\cos\varphi_2} \right) \frac{T_б - T_n}{vT_б}, \quad (14.5)$$

где  $\mathcal{E}_3$  — экономия денежных средств от снижения расхода электроэнергии, руб/м;  $W_3$  — суммарная мощность одновременно работающих двигателей, кВт;  $a_1$ ,  $a_2$  — тариф за 1 кВт·ч израсходованной электроэнергии и за 1 кВт установленной мощности трансформатора, руб.;  $T_{cp}$  — среднее время работы машин в сутки, ч;  $K_N$  — средний коэффициент загрузки двигателей по мощности;  $\cos\varphi_2$  — коэффициент мощности, равный 0,8.

По эксплуатационным затратам общая экономическая эффективность применения анкерной крепи взамен рамной складывается из показателей экономии материальных, трудовых и энергетических ресурсов на полный годовой объем проведения выработок.

1. А. с. 1198215 СССР, Е21Д 11/15. Полимерный состав/Ю. Н. Малышев, Г. Н. Тыщенко, А. П. Широков и др. (СССР). — № 3725374/22—03; Заявлено 05.04.84; Оpubл. 15.12.85. Открытия. Изобретения. 1985. Бюлл. № 46. — 131 с.
2. А. с. 1270351 СССР, Е21Д 11/15. Шахтная затяжка/М. И. Найдов, Ю. Н. Малышев, В. Я. Шахматов и др. (СССР) № 3935156/22—03; Заявлено 12.07.85; Оpubл. 15.11.86. Открытия. Изобретения. Бюлл. № 42. — 132 с.
3. А. с. 798312 СССР, Е21Д 21/00. Анкерная крепь/В. А. Лидер, А. П. Широков, В. А. Кальпидис (СССР). — № 2550285/22—03; Заявлено 30.11.77; Оpubл. 23.01.81. Открытия. Изобретения. 1981. Бюлл. № 3. — 112 с.
4. А. с. 846743 СССР, Е21Д 21/00. Крепь для горных выработок/А. П. Широков (СССР). — № 2826976/22—03; Заявлено 10.10.79; Оpubл. 15.07.81. Открытия. Изобретения. 1981. Бюлл. № 26. — 159 с.
5. А. с. 1108214 СССР, Е21Д 20/00. Способ возведения анкерной крепи/В. А. Лидер, А. П. Широков, А. И. Петров и др. (СССР). — № 3551180/22—03; Заявлено 11.02.83; Оpubл. 15.08.84. Открытия. Изобретения. Бюлл. № 30. — 86 с.
6. А. с. 1065062 СССР, Е21Д 26/00. Способ крепления кровли горных выработок/А. П. Широков, О. Л. Мягков (СССР). — № 3423139/22—03; Заявлено 12.04.82; Оpubл. 07.01.84. Открытия. Изобретения. 1984. Бюлл. № 1. — 38 с.
7. А. с. 1199930 СССР, Е21Д 11/14. Крепь сопряжений подготовительной выработки с лавой/А. П. Широков (СССР) — № 3759771/22—03; Заявлено 26.06.84; Оpubл. 23.12.85. Открытия. Изобретения. — 1985. Бюлл. № 47. — 144 с.
8. А. с. 1276817 СССР, Е21Д 11/14. Арочная крепь для крепления штреков с лучащими породами почвы/А. П. Широков, Е. Д. Жариков, Е. К. Бойко и др. (СССР). — № 3943056/22—03; Заявлено 06.08.85; Оpubл. 15.12.86. Открытия. Изобретения. 1986. Бюлл. № 46. — 120 с.
9. *Абрамсон Х. И. Березницкий Ю. А.* Опорные конструкции для принудительного погружения опускной крепи. — Шахтное строительство. 1981. Бюлл. № 2. с. 11—12.
10. *Бархански Б. Задорожны М.* Анкерное крепление элементов армировки стволов угольных шахт ПНР — Шахтное строительство, 1980. Бюлл. № 12, с. 23—25.
11. *Временная методика определения плановых и фактических показателей экономической эффективности внедрения научно-технических мероприятий в угольной промышленности.* М. ЦНИЭИУголь, 1983. — 148 с.
12. *Генин М. С.* Способы упрочнения породного массива вокруг проводимой выработки. — Уголь, 1983, № 12, с. 39—42.
13. *Гришин П. И., Долин Н. В., Кинев Г. С.* Штанговая крепь на полимерных смолах. — Безопасность труда в промышленности. 1982, № 2, с. 24—25.
14. *Глушко В. Т. Штепа А. В.* Механизация набрызгбетонных и тампонажных работ. — Шахтное строительство. — 1981, № 2, с. 13—14.
15. *Гуминский М. В. Лисовенко В. И. Компаниец А. Н.* Проходка лифтового восстающего. — Шахтное строительство. 1984, № 1, 20 с.
16. *Кравченко Г. И. Венгловский В. Г. Федоренко А. И.* Временная технологическая инструкция по применению и установке трубчатых штанг взрывного закрепления. — Новокузнецк; ВостНИГРИ, 1982, 26 с.
17. *Крепление горных выработок армополимерной анкерной крепью/А. П. Широков, М. А. Дзауров, К. Г. Каргинов и др. М. изд. ИЭИЦМ, 1987 34 с.*
18. *Мосунов В. А.* Совершенствование конструкции штанговой крепи. Горный журнал, 1983, № 3, с. 30—31.

19. Мосунов В. А. Податливая штанговая крепь. — Горный журнал, 1981, № 4, с. 46—47
20. Массон К. Применение металловолоконистого набрызгбетона для крепления полевых выработок. — Глюкауф, 1985, № 2, с. 50—53.
21. Манжула И. Т., Пустовой А. И., Князьян Г. С. Установка УБШ-3 для бурения восстающих шпуров под анкерную крепь в нарезных выработках. Уголь Украины. 1980, № 4, с. 32—33.
22. О создании промышленного робота для возведения анкерной крепи / С. Г. Смеленец, А. Н. Боровицкая, И. П. Титов и др. — Уголь Украины, 1984, № 12, с. 41—42.
23. Применение канатно-анкерной крепи в условиях Североуральского бокситового рудника / В. В. Покатий, Ю. А. Веселов, В. С. Мартынов и др. — Шахтное строительство, 1985, № 9, с. 27—30.
24. Реннекендорф, Бохум. Применение синтетических смол в шахтах. Глюкауф, 1980, № 22, с. 31—36.
25. Ройтер Э., Хермольхайм В. Анкерная крепь в угольной промышленности США. — Глюкауф, 1985, № 9, с. 23—27
26. Скоростной ремонт подземного бункера / В. К. Ширяев, А. В. Рябов, П. Ф. Брундгард и др. — Шахтное строительство, 1985, № 5, с. 21—22.
27. Тамбет Ю. В. Использование анкерной крепи на сланцевых шахтах. Уголь, 1983, № 1, с. 24—25.
28. Усаченко Б. М., Чумак В. А., Богомолова Л. П. Установка для задавливания анкеров в породный массив. — Горный журнал, 1984, № 3, с. 60—61.
29. Чвалиние Ю. Отчет о международном симпозиуме по анкерному креплению породного массива. — Глюкауф, 1983, № 8, с. 30—34.
30. Широков А. П. Теория и практика применения анкерной крепи. — М. Недра, 1981, 391 с.
31. Широков А. П., Лидер В. А., Петров А. И. Крепление сопряжений лав. М. Недра, 1987, 197 с.
32. Широков А. П., Николаев С. С. Совершенствование технологии выемки угля с применением агрегатов 1-АЦМ. — Уголь Украины, 1981, № 2, с. 14—15.

Предисловие	3
<b>1. Общие сведения</b>	<b>4</b>
<b>2. Материалы для анкеров, опорных элементов и затяжек</b>	<b>5</b>
2.1. Материалы для армирующих элементов анкеров	5
2.2. Быстротвердеющие вяжущие составы для закрепления в скважинах армирующих элементов анкеров	10
2.3. Материалы для опорных элементов и затяжек	33
<b>3. Конструкции анкеров</b>	<b>35</b>
3.1. Металлические замковые анкеры	35
3.2. Металлические беззамковые анкеры	39
3.3. Деревянные анкеры	43
3.4. Железобетонные анкеры	47
3.5. Армополимерные анкеры	54
<b>4. Опорные элементы и ограждения выработок с анкерной крепью</b>	<b>60</b>
4.1. Опорно-поддерживающие элементы	60
4.2. Анкерные подхваты	62
4.3. Ограждения	68
<b>5. Типовые сечения горных выработок с анкерной крепью</b>	<b>71</b>
5.1. Факторы, учитываемые при составлении типовых сечений горных выработок	71
5.2. Выработки, проводимые по породе	72
5.3. Выработки, проводимые по пластиам угля	73
5.4. Наиболее характерные сечения горных выработок с анкерной крепью на рудниках	81
<b>6. Использование анкеров в комбинации с другими видами крепи</b>	<b>84</b>
6.1. Рамно-анкерная крепь	84
6.2. Анкерно-набрызгбетонная крепь	87
6.3. Анкерно-набрызгполимерная крепь	95
6.4. Применение анкерной крепи в сочетании с химическим упрочнением слабоустойчивых горных пород	101
6.5. Особенности использования анкерной крепи в многолетнемерзлых породах	106
<b>7. Использование анкерной крепи на сопряжении горных выработок</b>	<b>107</b>
7.1. Крепление анкерами сопряжений подготовительных выработок	107
7.2. Крепление сопряжений лав со штреками с применением анкерной крепи	109
<b>8. Нетипичные условия применения анкерной крепи</b>	<b>118</b>
8.1. Применение анкерной крепи для ремонта и восстановления горных выработок	118
8.2. Борьба с пучением почвы выработок	120
8.3. Удержание крутых склонов на земной поверхности	122
8.4. Поддержание межгоризонтных целиков угля	123
8.5. Использование анкерной крепи при сооружении шахтных стволов	125
8.6. Укрепление анкерами целиков угля и горных пород	126



<b>9. Использование анкерной крепи для различных вспомогательных целей</b>	128
9.1. Временная анкерная крепь	128
9.2. Укрепление анкерами горношахтного оборудования	130
9.3. Укрепление анкерами проходческих лебедок	135
<b>10. Анкерная крепь при очистной выемке</b>	137
10.1. Очистная выемка с оставлением охранных целиков	137
10.2. Очистная выемка с полной закладкой выработанного пространства	139
<b>11. Расчет анкерной крепи</b>	144
11.1. Определение размеров области разрушения массива вокруг выработки	145
11.2. Определение нагрузок на анкерную крепь горных выработок	149
11.3. Определение несущей способности анкеров	150
11.4. Определение длины и плотности установки анкеров	154
11.5. Определение параметров анкерного крепления горношахтного оборудования	156
<b>12. Контрольно-измерительная аппаратура для анкерной крепи</b>	159
12.1. Приборы контроля прочности закрепления анкеров в скважинах	159
12.2. Приборы контроля изменения натяжения анкеров во времени	162
12.3. Приборы для определения расслоения горных пород	166
12.4. Прибор контроля за состоянием закрепленной кровли	168
12.5. Динамометрические ключи	170
<b>13. Средства механизации возведения анкерной крепи</b>	174
13.1. Общие сведения	174
13.2. Инструмент для возведения анкерной крепи	177
13.3. Возведение железобетонной анкерной крепи	182
13.4. Возведение армополимерной анкерной крепи	185
13.5. Переносные и перекатные станки	187
13.6. Самоходные машины для возведения анкерной крепи	194
13.7. Направления совершенствования средств механизации возведения анкерной крепи	198
<b>14. Методика определения экономической эффективности применения анкерной крепи</b>	199
Список литературы	202

СПРАВОЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**Широков Анатолий Павлович,  
Лидер Виктор Андреевич,  
Дзауров Магомед Ахметович и др.**

## **АНКЕРНАЯ КРЕПЬ**

Заведующий редакцией *О. И. Паркани*  
Редактор издательства *Э. Н. Чернегова*  
Технический редактор *Л. А. Мурашова*  
Корректор *Л. М. Кауфман*

ИБ № 7053

---

Сдано в набор 24.10.89. Подписано в печать 06.02.90. Т 05022. Формат 60×88<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная № 2. Гарнитура Литературная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 12,74. Усл. кр.-отт 12,99. Уч.-изд. л. 15,18. Тираж 4400 экз. Заказ 6099/1319-9. Цена 75 коп.

---

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра»  
125047, Москва, площадь Белорусского вокзала, 3.

Набрано в ярославском полиграфкомбинате Госкомпечати СССР  
150014, Ярославль, ул. Свободы, 97

Отпечатано в ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени МПО «Первая Образцовая типография» Государственного комитета СССР по печати. 113054, Москва, Валовая, 28

# Вниманию специалистов!

---

**В 1990 г. издательство «Недра»  
готовит к выпуску книгу**

**«ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВЗРЫВА  
ПРИ РАЗРАБОТКЕ  
МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ РОССЫПЕЙ».**

*Автор — кандидат технических наук,  
заслуженный изобретатель РСФСР А. А. ЕГУПОВ.*

Предлагаемая к изданию книга основана на опыте работы приисков Магаданской области и Якутской АССР и результатах работ научно-исследовательских организаций Северо-Востока СССР.

Автор книги уже больше 20-ти лет занимается вопросами использования энергии взрывчатых веществ для повышения эффективности разработки мерзлых пород, из них — 6 лет на производстве и 17 лет заведует лабораторией буровзрывных работ в научно-исследовательском институте.

Новизна и оригинальность работы характеризуется и тем, что описываемая техника и технология основаны на 60-ти изобретениях, созданных автором книги самостоятельно или в соавторстве.

Многие из описанных изобретений нашли широкое применение в разработке мерзлых пород, еще большая их часть успешно проходит промышленные испытания на приисках Магаданской области и Якутской АССР.

В книге рассмотрены теоретические основы моделирования действия взрыва в упругих и упругопластических средах. Описаны традиционные и новые методы моделирования процессов разрушения горных пород взрывом. Изложены современные способы регистрации быстропротекающих процессов. Приведены примеры физического и математического моделирования основных явлений взрыва на открытых и подземных разработках месторождений. Книга рассчитана на научных работников, занимающихся исследованием и использованием энергии взрыва в народном хозяйстве.

---

Заказывать книгу можно в магазинах книготорга, распространяющих научно-техническую литературу, и в магазинах — опорных пунктах издательства «Недра», адреса которых приведены в аннотированном плане выпуска, а также через отделы «Книга — почтой» магазинов:

113509, Москва, ул. Красного Маяка, 11/1, магазин № 115

или

199178, Ленинград, В. О., Средний проспект, 61, магазин № 17

Издательство «Недра»