

Основные требования к крепи горных выработок. Типы современных видов крепей вертикальных, наклонных и горизонтальных горных выработок.

Горная крепь (шахтная, рудничная) — искусственное сооружение, возводимое для предотвращения обрушения окружающих выработку горных пород, сохранения необходимых размеров поперечного сечения и рабочего состояния выработок. Совокупность работ по ее возведению (установка или монтаж) называют **креплением горных выработок**. Горные крепи по материалу, форме, назначению выработок, сроку службы, характеру работы и другим признакам подразделяют:

- **по основному (преобладающему) материалу**, из которого она изготовлена, — на деревянную, металлическую, железобетонную (сборную из отдельных элементов и монолитную), бетонную (монолитную и сборную), полимерную, а также на смешанную и комбинированную крепь. К смешанной относится крепь, изготовленная из разнородных материалов без значительного преобладания одного из них (рамы из железобетонных или деревянных стоек и металлического верхняка, металлические анкеры с деревянными подхватами и др.). К комбинированной крепи относятся конструкции, состоящие из различных видов крепи (рамы в сочетании с анкерами, набрызгбетонная крепь с анкерами и др.);

- **по назначению выработок** — на крепь вскрывающих, подготавливающих, нарезных и очистных выработок;

- **по виду выработок** — на крепь горизонтальных, наклонных и вертикальных выработок;

- **по сроку службы** — на временную и постоянную. Постоянная крепь возводится на длительный срок службы (на срок действия выработок); временная крепь служит для временного (до возведения постоянной) поддержания призабойной части выработки при ее проведении;

- **по форме** — на замкнутую и незамкнутую трапецевидную, прямоугольную, продольную, секционную, арочную, полигональную, кольцевую и эллиптическую. Продольная крепь — крепь с расположением верхних несущих конструкций параллельно оси выработки. Секционная крепь — крепь, имеющая верхняки пространственной конструкции величиной по простиранию выработки, равной расстоянию между стойками крепи;

- **по принципу работы** — на жесткую, податливую, шарнирную, шарнирно-податливую, индивидуально-рамную, системную. Жесткая крепь не имеет податливых или шарнирных узлов, ее деформации в период эксплуатации не выходят за пределы упругих. Податливая крепь — крепь, имеющая узлы податливости и сохраняющая благодаря им несущую способность при значительных изменениях ее размеров вследствие смещения пород. Шарнирная крепь — крепь, элементы которой могут перемещаться относительно друг друга вокруг оси шарнира без нарушения работоспособности и несущей способности крепей. Шарнирно-податливая крепь содержит шарнирные и податливые узлы, обеспечивающие

одновременно податливость и шарнирность конструкции. Индивидуальная рамная крепь – это жесткая, податливая, шарнирная и шарнирно-податливая крепи, в которых каждая рама работает (воспринимает нагрузку) индивидуально, не передавая части нагрузки на соседние рамы. Системная крепь – это те же крепи, но имеющие специальные устройства, позволяющие передавать на соседние рамы часть нагрузки, прилагаемую на одну из них.

ТРЕБОВАНИЯ К КРЕПЯМ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Горная крепь должна удовлетворять следующим основным техническим и экономическим требованиям:

- выдерживать давление горных пород, не разрушаясь (т.е. быть достаточно прочной), и обеспечивать рабочее состояние выработки (сохранение формы и размеров поперечного сечения выработки в пределах, необходимых для нормальных условий эксплуатации в соответствии с ПБ) в течение всего срока ее службы;
- не препятствовать выполнению производственных процессов, не вызывать технологических осложнений при проведении и эксплуатации выработок;
- быть технологичной, нетрудоемкой в изготовлении, транспортабельной, нетрудоемкой при возведении в выработке, надежной в работе, максимально приспособленной для механизации ее возведения и обслуживания в период эксплуатации, оказывать рациональное сопротивление движению воздуха по выработке;
- обеспечивать легкую и удобную разборку на отдельные транспортабельные части при ремонте выработок и предусматривать возможность наиболее полного извлечения крепи из погашаемых выработок;
- быть огнестойкой, устойчивой против коррозии и гниения;
- в тех случаях, когда нагрузки превышают ее несущую способность, деформироваться постепенно, без внезапной потери устойчивости;
- иметь минимальное число монтируемых в выработке элементов и деталей, по возможности унифицированных и взаимозаменяемых;
- иметь наименьший объем, массу и стоимость материалов крепи;
- сумма первоначальных затрат (трудовых и материальных) на изготовление и установку крепи в выработке и затрат на эксплуатацию и поддержание (ремонт) крепи в течение срока службы выработки должна быть минимальной.

ДЕРЕВЯННАЯ КРЕПЬ

Основной конструкцией деревянной крепи горизонтальных и частично наклонных горных выработок является неполная крепежная рама прямоугольной или чаще трапецевидной формы (рис. 1). Деревянную крепь

применяют в основном в выработках с небольшим сроком службы (до 2-3 лет) и установившимся умеренным горным давлением.

Рамы устанавливают перпендикулярно к продольной оси выработки вплотную одна к другой или на некотором расстоянии друг от друга через 0,5-1,0 м (вразбежку). При установке рам вразбежку межрамное пространство перекрывают затяжками.

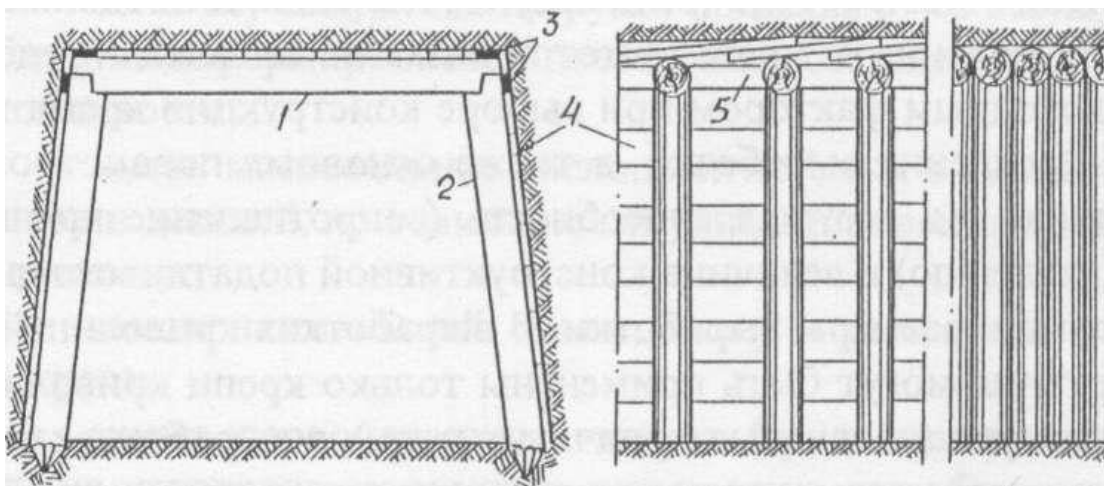


Рис. 1. Основная конструкция деревянной крепи: 1 – верхняк; 2 – стойка; 3 – клинья; 4 – затяжки; 5 – распорки

Затяжка – межрамное ограждение, предназначенное для защиты выработки от вывалов породы из кровли и боков в промежутке между крепежными рамами. В качестве затяжек используют обаполы, доски, синтетические тканые материалы, решетку из металлической проволоки и пр. Затяжка кровли и боков выработки может быть сплошной и частичной.

Деревянную крепь возводят из леса диаметром 20-25 см. Стойки неполной крепежной рамы устанавливают в лунки глубиной 10–20 см. Глубину лунки у водосточной канавы увеличивают на 5-10 см. Для придания крепи некоторой податливости стойки в нижней части заостряют в форме конуса или клина. Для придания крепи необходимой вертикальной устойчивости между рамами устанавливают распорки.

МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ КРЕПЬ

Наиболее широко для крепления горных выработок применяют металлическую крепь, так как она прочна, долговечна и требует меньше затрат на ремонт. По форме металлическая крепь подразделяется на трапецевидную, арочную и кольцевую. Она может быть жесткой и податливой.

Жесткая рамная трапецевидная крепь (рис. 2) изготавливается из двутавровых балок № 14-20 или рельсов. Верхняк соединяется со стойками с помощью накладок или литых башмаков. Для придания такой крепи

некоторой податливости стойки устанавливают на круглые подкладки из дерева. Расстояние между рамами 0,5-1,0 м.

Трапецевидная жесткая крепь применяется в горизонтальных и наклонных выработках (до 30°) вне зоны влияния очистных работ и при отсутствии трения пород почвы.

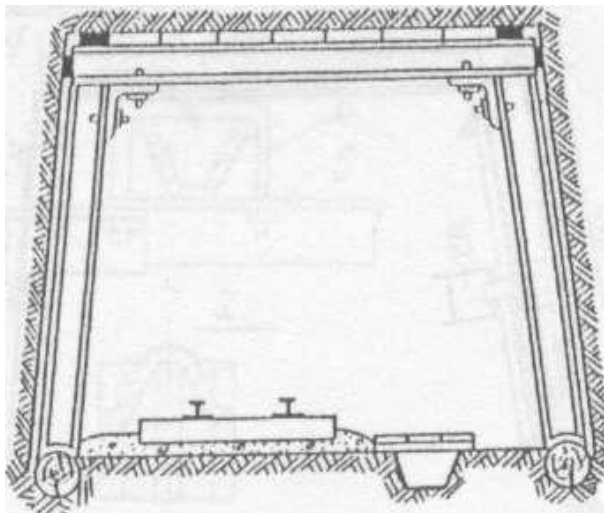


Рис. 2. Жесткая металлическая крепь

Наибольшее распространение из металлических крепей горных выработок получили арочные крепи из спецпрофиля СВП. Арочные податливые крепи из шахтного спецпрофиля состоят из отдельных рам, устанавливаемых в выработках на расстоянии 0,5-1,0 м одна от другой, межрамных стяжек (соединений) и железобетонных, деревянных или металлических решетчатых затяжек, укладываемых за крепь для перекрытия в пролетах между рамами. Крепь рекомендуется для крепления горизонтальных и наклонных (до 30°) одно- и двухпутных горных выработок площадью поперечного сечения в проходке от 6 до 20 м². Межрамные соединения (стяжки) изготавливаются из уголка 60×60×6 мм. Шахтный желобчатый профиль в рамах располагают в большинстве случаев открытой частью к породе (днищем внутрь выработки), реже – наоборот.

Применяются трех- и пятизвенные арочные крепи из спецпрофиля. Трехзвенная арочная крепь (рис. 3.) состоит из трех элементов: двух боковых стоек и верхнего сегмента (верхняка). Концы верхнего сегмента телескопически входят в боковые стойки. Места сочленения стягивают металлическими хомутами.

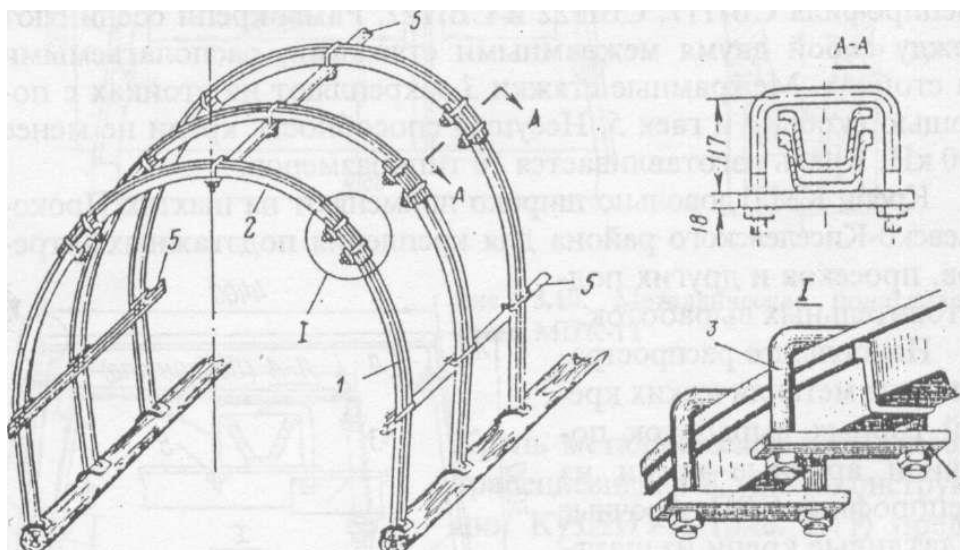


Рис. 3. Трехзвенная арочная крепь из спецпрофиля: 1 – стойка; 2 – верхний сегмент; 3 – хомут; 4 – планка с гайками; 5 – стяжки

Податливость крепи достигается за счет проскальзывания элементов арки относительно друг друга. Величина податливости крепи регулируется затягиванием хомутов.

При значительном всестороннем давлении или пучащих породах почвы и продолжительном сроке службы выработки для крепления горизонтальных и наклонных одно- и двухпутных выработок применяется четырех- или шестизвенная металлическая кольцевая крепь (рис. 4). Крепь представляет собой отдельные кольца, изготавливаемые из спецпрофиля СВП. Каждое кольцо крепи состоит из четырех или шести элементов, соединенных внахлестку. В выработке крепежные кольца скрепляются друг с другом несколькими продольными металлическими стяжками. Податливость крепи осуществляется за счет скольжения элементов кольца в местах их соединения в узлах податливости.

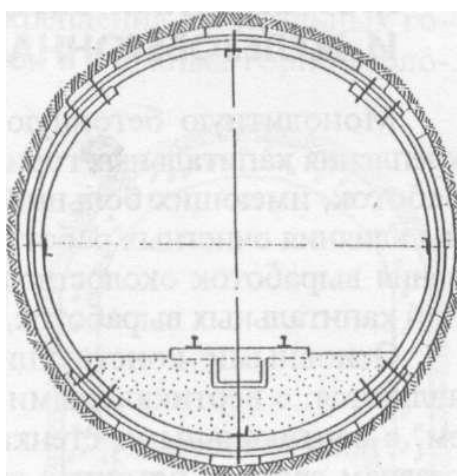


Рис. 4. Металлическая податливая кольцевая крепь

МОНОЛИТНАЯ БЕТОННАЯ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННАЯ КРЕПЬ

Монолитную бетонную крепь применяют в основном для крепления капитальных горизонтальных и наклонных горных выработок, имеющих большой срок службы и находящихся вне зоны влияния очистных работ. В основном их используют для крепления выработок околоствольных дворов, камер, узлов сопряжений капитальных выработок, наклонных и вертикальных стволов.

Ввиду преобладания вертикального горного давления в качестве основной формы крепи принимают сводчатую с вертикальными стенками (рис. 5).

Фундамент бетонной крепи с прямыми стенами заглубляют в породы почвы со стороны водосточной канавки на 0,5 м и с противоположной стороны на 0,25-0,3 м.

Для придания крепи необходимой формы и поддержания бетона до его затвердения применяют деревянные и металлические опалубки различных конструкций.

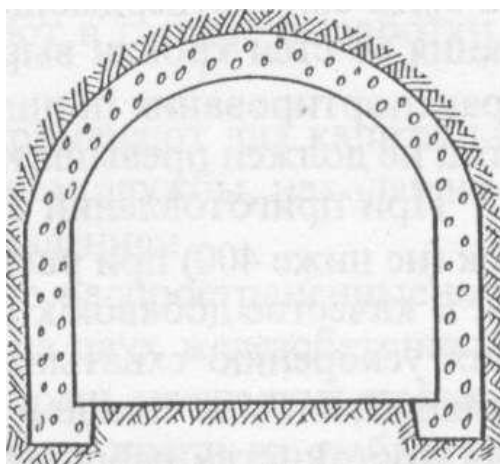


Рис.5. Монолитная бетонная крепь

Основными частями ее являются свод, стены и фундамент. *Средняя часть свода называется замком, а поверхность опирания свода на стены – его пятами. Расстояние от пят свода до замка по вертикали называют высотой подъема свода.*

Бетонная крепь долговечна, огнестойка, имеет довольно высокую прочность, малое аэродинамическое сопротивление, плотно прилегает к боковым породам. К недостаткам бетонной крепи относят невозможность восприятия нагрузки сразу же после возведения, неудовлетворительную работу при неравномерных нагрузках и отсутствие податливости.

Монолитные железобетонные крепи выполняют с гибкой и жесткой арматурой, применяют для крепления капитальных горизонтальных и наклонных выработок в сложных горно-геологических условиях, а также выработках большого сечения.

Монолитная железобетонная крепь с гибкой арматурой имеет те же конструктивные решения и форму, что и бетонная сводчатая крепь с вертикальными стенками. Арматурный каркас состоит из рабочей арматуры с диаметром стали 8-28 мм, а также распределительной и монтажной — диаметром 5-12 мм. Прутья рабочей арматуры устанавливают попарно в плоскости, параллельной поперечному сечению выработки на расстоянии до 0,3 м. Со стороны выработки слой бетона до арматуры имеет толщину 10-20 см. Бетон укладывают слоями высотой 0,2-0,3 м и уплотняют вибраторами или штыкованием.

Железобетонную сплошную крепь применяют преимущественно с жесткой арматурой. В качестве арматуры используют металлические незамкнутые рамы из двутавровых, швеллера или спецпрофиля, которые устанавливают вслед за продвижением забоя и которые служат вначале в качестве временной крепи проводимой выработки, а потом используют в качестве арматурного каркаса при возведении железобетонной крепи. Основные недостатки крепи: высокая трудоемкость возведения и большой расход металла.

Разновидностью бетонной крепи является **набрызгбетонная крепь**. Ее наносят на обнаженную поверхность выработки с помощью машин без применения опалубки. Она применяется для крепления капитальных и подготовительных выработок, проводимых по прочным малотрещиноватым породам вне зоны очистных работ при величине смещения пород кровли за срок службы выработки не более 50 мм. Толщина крепи колеблется в пределах 50-300 мм и более в зависимости от условий применения.

Технология возведения набрызгбетонной крепи налагает особые требования на состав набрызгбетонной смеси. Она должна быть быстротвердеющей и высокопрочной во избежание стекания со стен кровли выработки и достаточно пластичной для транспортирования по шлангу диаметром 30-70 мм. Размер частиц не должен превышать 25 мм.

При приготовлении смеси используют цементы высоких марок (не ниже 400) при расходе обычно 350-400 кг/м³ сухой смеси. В качестве добавок к набрызгбетонной смеси, способствующих ускорению схватывания цемента, используют хлористый кальций, жидкое стекло и др.

Достоинства набрызгбетонной крепи: небольшой расход материалов, отсутствие опалубки, непрерывность и высокая степень механизации процесса возведения крепи, заполнение под давлением бетонной смесью пустот и трещин в массиве горных пород, что повышает его несущую способность и обеспечивает высокую степень сцепления смеси с породами.

К недостаткам набрызгбетонной крепи относят значительный отскок бетонной смеси при нанесении ее на поверхность выработки, высокую пыленность рабочего места, повышенные требования к гранулометрическому составу смеси и качеству ее приготовления.

Набрызгбетонную крепь широко применяют на рудных шахтах, где более 50 % капитальных и подготовительных выработок крепится этой крепью.

СБОРНАЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННАЯ КРЕПЬ

Одним из основных промышленных видов крепи является сборная железобетонная крепь. Она обладает высокой несущей способностью. В отличие от монолитной бетонной крепи эта крепь способна воспринимать горное давление сразу же после ее возведения. Сборная железобетонная крепь может применяться в горных выработках любой формы поперечного сечения – трапецевидной, прямоугольной, полигональной, арочной, эллиптической и кольцевой.

Элементы сборной железобетонной крепи изготавливают из местных строительных материалов на заводах сборного железобетона и в готовом виде доставляют в горные выработки, где осуществляется ее возведение.

Сборную железобетонную крепь применяют для капитальных горных выработок с большим сроком службы, находящихся в зонах с установившимся горным давлением.

На рис. 6 представлены наиболее распространенные виды крепи: трапецевидная, состоящая из двух железобетонных стоек и верхняка, и сплошная арочная крепь из гладких тюбингов (ТЮБИНГОВАЯ КРЕПЬ – сплошная, криволинейного очертания крепь, состоящая из уложенных вплотную друг к другу сегментов-тюбингов с продольными и поперечными рёбрами жёсткости на одной стороне и гладкими с другой). Возведение крепи из тюбингов осуществляют с помощью крепеустановщика.

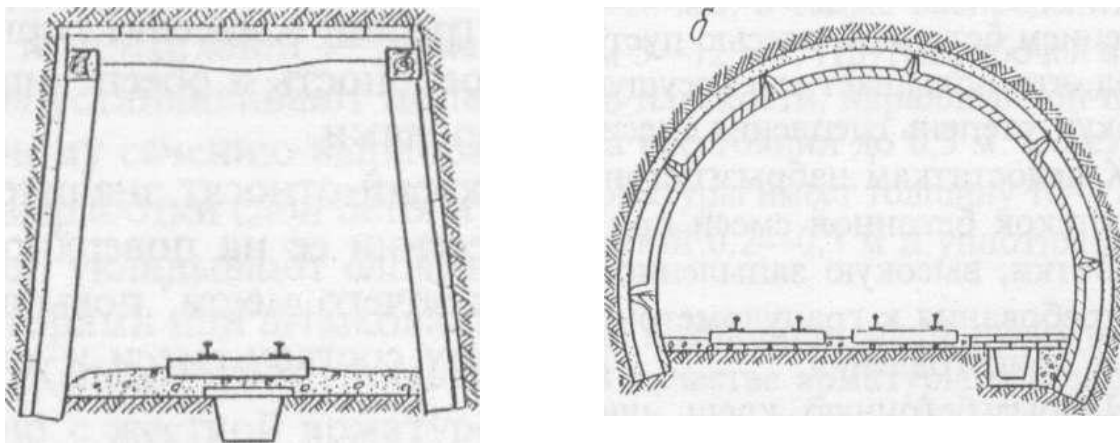


Рис. 6. Сборная железобетонная крепь: а – трапецевидная; б – сплошная арочная из тюбингов

АНКЕРНАЯ КРЕПЬ

Анкерная (штанговая) крепь (рис. 7) представляет собой стержни (анкеры), закрепляемые различными способами в скважинах (шпурах), пробуренных в определенном порядке в породах кровли и боков выработки. Диаметр анкеров 20 мм, длина от 0,6 до 3,0 м.

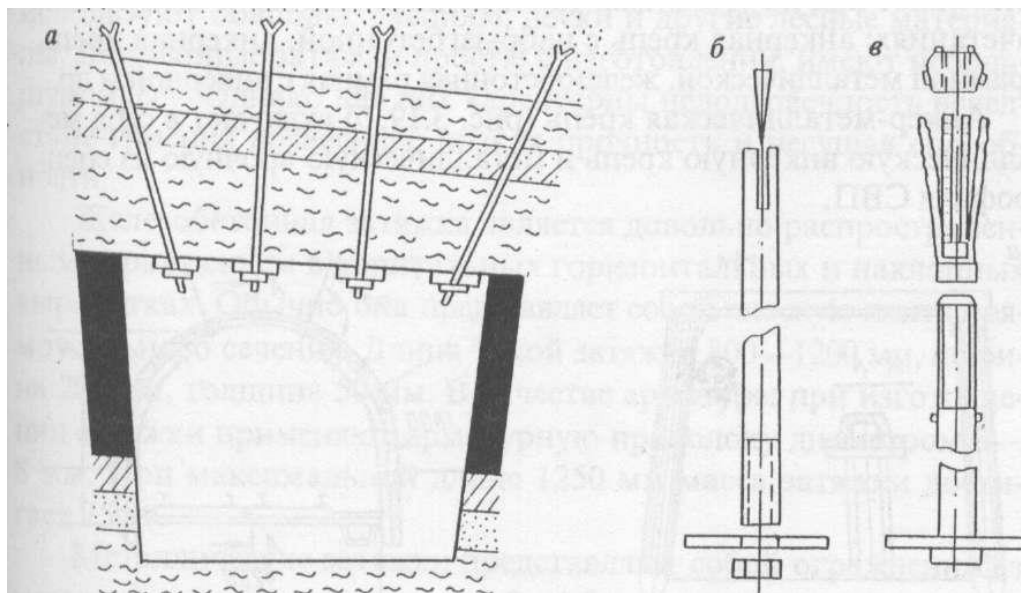


Рис. 7. Анкерная крепь: а – положение крепи в выработке; б и в – конструкции клинового и распорного анкеров

С помощью анкеров скрепляют отдельные слои и толщи пород и обеспечивают их совместную работу без опасных деформаций и обрушений. При наличии непосредственной кровли выработки в виде слоистой породы небольшой мощности и основной кровли, представленной породами средней крепости и прочными при значительной мощности, непосредственную кровлю «подшивают» анкерами к основной кровле. Непосредственную кровлю в виде отдельных слоев породы также «сшивают» анкерами в одну плиту, которая способна воспринимать нагрузки вышележащих пород. Таким образом, анкерная крепь обеспечивает возможность максимально использовать несущую способность пород вокруг горных выработок.

По принципу закрепления в скважине все виды анкерной крепи подразделяют на две группы: замковые, закрепляемые в данной части скважины с помощью различных конструкций механических замков, и беззамковые, имеющие контакт с породой по всей длине тела (стержня), т.е. закрепляемые по всей длине скважины цементным раствором, смолами и другими вяжущими материалами. Замковые анкеры подразделяют на клинощелевые, распорные и безраспорные. Наибольшее распространение получили металлические анкеры с распорным замком.

Штанга клинощелевого типа на одном конце имеет продольный разрез, в который вставляется металлический клин. Штангу с клином вводят в пробуренный шпур до упора. Затем нанесением ударов по выступающему из

массива концу штанги достигается ее закрепление. После этого на выступающий конец штанги надевают опорную плиту или металлический подхват и плотно затягивают гайку.

Устройство распорной штанги более сложное. Ее закрепляют в шпуре специальным распорным приспособлением.

КОМБИНИРОВАННАЯ И СМЕШАННАЯ КРЕПЬ

Комбинированные крепи представляют собой сочетание двух и более разных видов крепей. Их назначение – повышение устойчивости выработок и снижение затрат на их крепление. Их применяют в следующих сочетаниях: анкерная крепь с набрызгбетонной, анкерная крепь с рамной металлической, железобетонная рамная с анкерной и др.

Наибольшее распространение из **смешанных крепей** получили жесткие и податливые крепи арочной и трапецевидной форм, состоящие из железобетонных верхняков различных конструкций и деревянных стоек и металлических верхняков из спецпрофиля.

КРЕПЬ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

Для крепления вертикальных горных выработок – стволов шахт, восстающих и др. применяют различные виды крепи: деревянные, металлические, бетонные, железобетонные, анкерные и комбинированные. В каждом конкретном случае вид и конструкция крепи определяются исходя из горно-геологических условий, срока службы выработки, площади поперечного сечения и других факторов.

Деревянную крепь применяют для крепления выработок небольшой площади сечения и малым сроком службы. Деревянная крепь представляет собой прямоугольные венцы из круглого леса, брусьев, пластин или толстых досок. Различают венцовую крепь сплошную, на стойках и подвесную.

Наиболее распространенной крепью вертикальных стволов является **монолитная бетонная крепь**, применяемая в обычных горно-геологических условиях. Она представляет собой сплошную монолитную оболочку с опорными венцами, устраиваемыми через 30-60 м. Внутренний контур этой оболочки соответствует форме поперечного сечения ствола в свету, а внешний повторяет форму поперечного сечения ствола в проходке. Толщина крепи составляет 200-500 мм и зависит от прочности пород, глубины ствола, величины горного давления и других факторов. Бетонную смесь при возведении крепи подают с поверхности по специальным бетоноводам.

Бетонная крепь долговечна. Она обладает хорошими аэродинамическими качествами. При хорошем качестве работ она является водонепроницаемой.

В сложных горно-геологических условиях применяют **монолитную железобетонную крепь**. Она отличается от обычной монолитной наличием арматуры.

Для крепления вертикальных стволов применяют также сборную железобетонную крепь. Состоит она из отдельных ребристых или гладкостенных тюбингов. Ребристые тюбинги предназначены для крепления стволов диаметром в свету от 4 до 9 м. Высота тюбинга 1040 мм, длина 2000-2500 мм, толщина 80-100. Кольцо крепи в зависимости от диаметра ствола состоит из 6-12 тюбингов. Масса одного тюбинга 910-1510 кг. Тюбинги в кольце и между кольцами соединяются между собой болтами. В спинках тюбингов имеются отверстия, предназначенные для нагнетания раствора при тампонаже закрепного пространства.