

Горное дело, проведение горных выработок и буровзрывные работы

Курс лекций

Сидорова Галина Петровна
профессор кафедры ПГ и ТГР
Забайкальский государственный университет

Лекция 6. КРЕПЛЕНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК



Горное давление - это давление обусловленное действием всех естественные и техногенных сил.

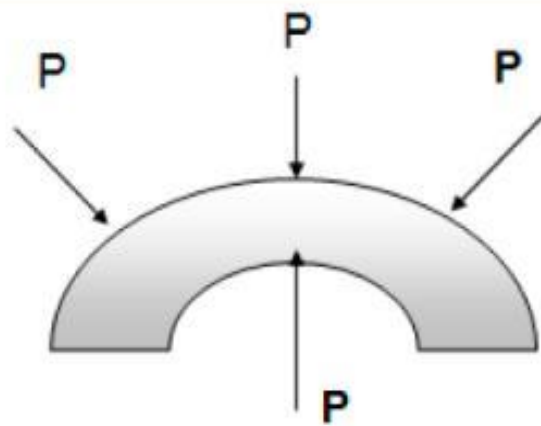


Рисунок 1 – Силы действующие на пласт

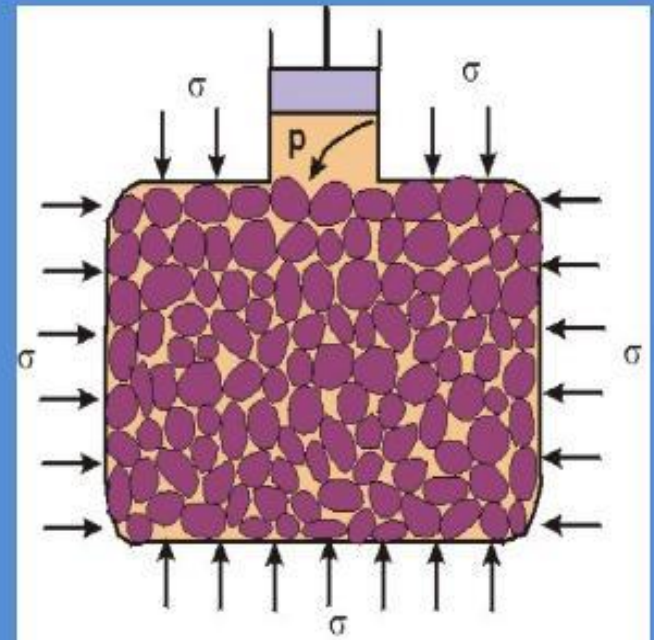
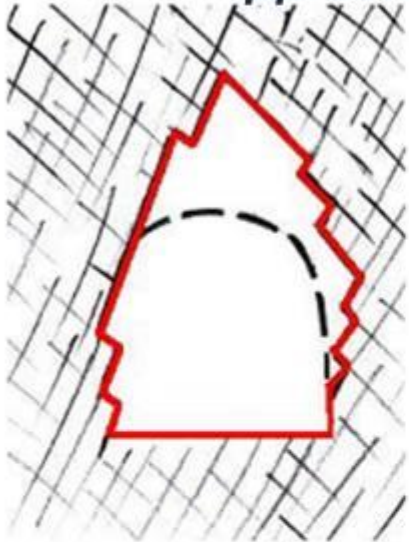
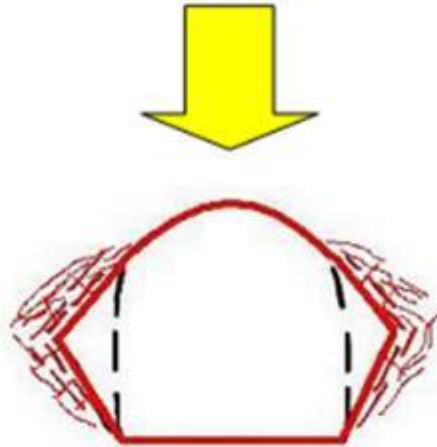


Рис.7. Схема проявления горного и эффективного давлений в породе

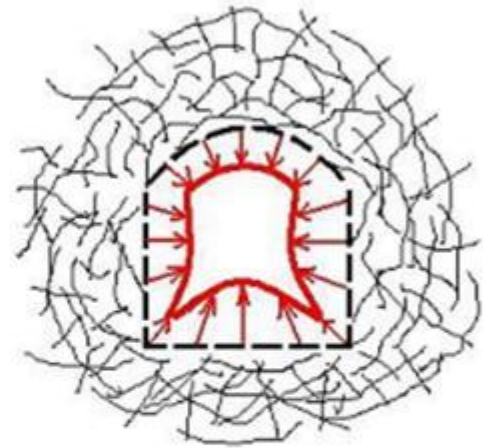
Основные понятия о горном давлении



Разрушение по поверхностям ослабления: трещинам, контактам, напластованию.



Разрушение в зонах концентрации напряжений: на большой глубине, в зоне влияния очистных работ



Смещение контура выработки. Из-за неравномерности смещений массив горных пород **деформируется:** сжимается, растягивается, изгибается,

Установлено, что **горное давление** изменяется во времени. Вначале оно нарастает довольно быстро, давление этого периода называется **первичным**. Затем его рост постепенно уменьшается и по истечении некоторого времени прекращается; горное давление этого периода называется **вторичным**, или **установившимся**.

На протяжении второго периода в кровле горизонтальных выработок завершается образование трещин и формирование свода обрушения, а величина нагрузки, испытываемая крепью, в дальнейшем оказывается постоянной.

Лучше всего результаты горного давления проявляются в горизонтальных выработках.

При проходке горизонтальных выработок горное давление проявляется, главным образом, в кровле выработки и в меньшей мере – со стороны боковых стенок. В некоторых случаях горное давление может проявляться и со стороны подошвы выработки. Если горизонтальная выработка не закреплена, а породы недостаточно прочны и устойчивы, то по мере обрушения в кровле образуется свод, а бока скашиваются и выработка приобретает подковообразную форму.

Наиболее правильная форма свода образуется при однородных породах. С образованием такого свода выработка может простоять довольно долгое время без нового обрушения. **Поэтому такой свод называют сводом естественного равновесия.** По этой же причине выработка сводовой или трапезиевидной формы сечения будут более устойчивы против обрушения, чем выработки, например, прямоугольного сечения. Образование сводов естественного равновесия может быть многократным и по причине буровзрывных работ в близких забоях, и по причине выветривания горных пород, что всегда имеет место в самих выработках. В таком случае новые своды равновесия будут иметь все большие размеры.

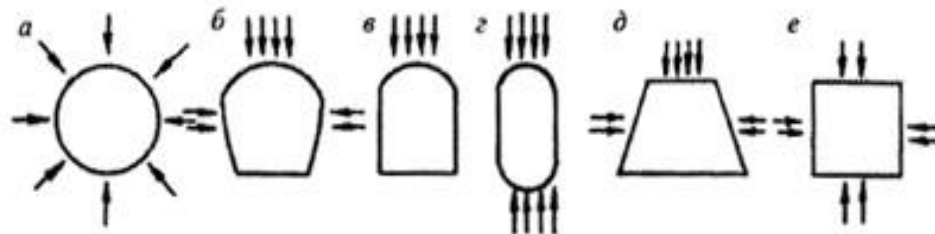


Рис. 4.3. Формы поперечного сечения горных выработок в зависимости от направления действующих в массиве наибольших напряжений:

a — круглая; *б* — подковообразная; *в* — арочная; *г* — овальная; *д* — трапезиевидная; *е* — прямоугольная

2.2 *Материалы для изготовления рудничной крепи*

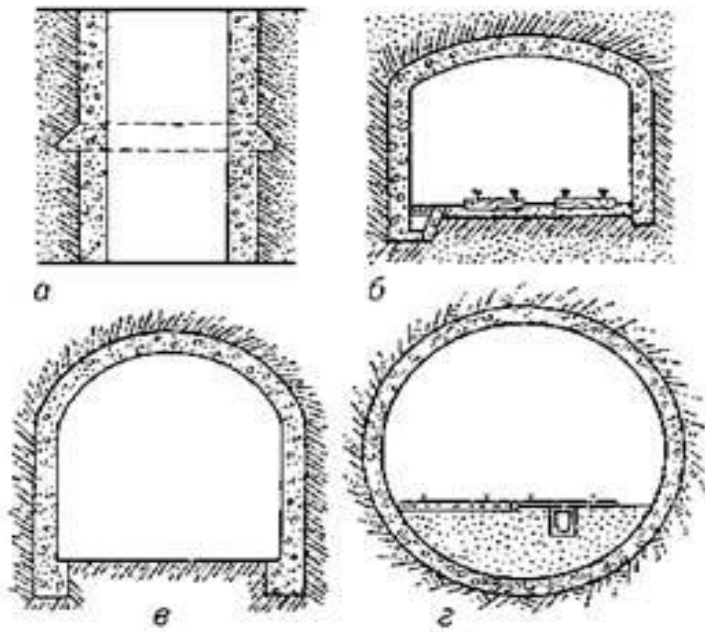
Крепление горных выработок производится деревянной, бетонной, каменной и металлической крепью. Дерево издавна применяется для крепления горных выработок из-за его относительно большого сопротивления механическим нагрузкам, небольшого веса, упругих свойств и легкой механической обработки. **При проходке горно-разведочных выработок ему и сейчас отдают предпочтение.** Ограниченный срок службы древесины в данном случае вполне обеспечивает безопасное состояние выработки на всем протяжении ее использования.

В последнее время при проходке горных выработок довольно часто начинают использовать **металлическую крепь**, но применяют ее преимущественно лишь тогда, когда на месте производства разведочных работ нет крепежного леса, а его доставка будет экономически нецелесообразной. Кроме того, металлическая крепь (бетонная, каменная и т. д.) может применяться при специальных методах проходки в сложных геологических или гидрогеологических условиях. Для повышения сопротивления деревянной крепи гниению ее пропитывают специальными растворами-антисептиками, которые препятствуют развитию в ней различных гнилостных бактерий и грибов.

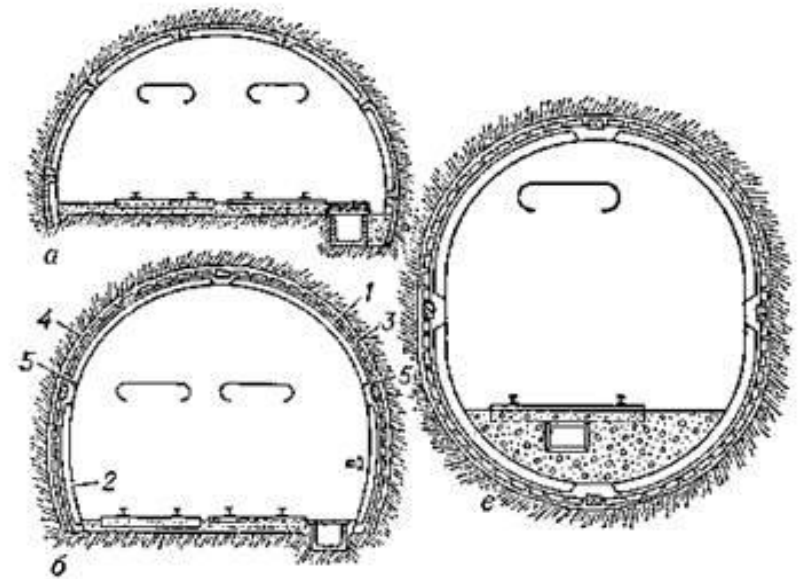
В качестве антисептиков применяются, например, фтористый натрий, хлористый цинк, уралит, триалит и др. Для повышения огнестойкости деревянная крепь обмазывается жирным известковым молоком, растворами глины, жидким стеклом.

Для изготовления крепи применяются различные технические сорта леса: бревна, подтоварники, жерди, пластины, брусья, доски и обаполы. **Специально рудничными сортами леса являются рудничные стойки, которые готовятся из хвойных пород и имеют длину 0,5–2,0 м (с интервалами в 0,1 м), а затем 2,1–5,0 м (с интервалами через 0,2 м). Их диаметр в верхнем отрезе равен 7,0–25,0 см (с интервалом в 2 см).**

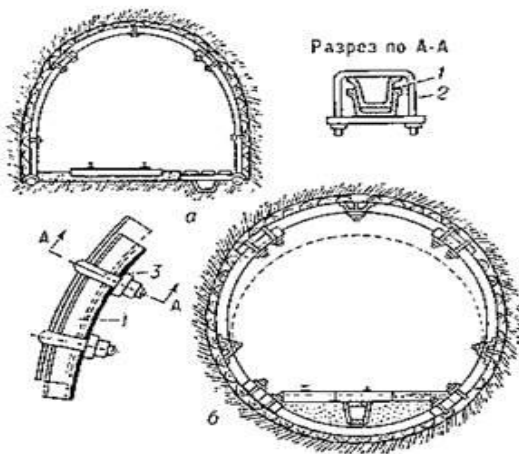
По условиям работы крепи часто необходим материал, хорошо сопротивляющийся не только сжатию, но и изгибу. Таким материалом является **железобетон – бетон**, в который помещена металлическая арматура, в виде каркаса нужной формы и размеров. Железобетонную крепь делают монолитной или сборной. Помимо высокой сопротивляемости механическим нагрузкам, бетон или железобетон должны быть водонепроницаемыми и не поддаваться действию рудничных кислотных вод. **Из остальных крепежных материалов можно назвать различные пластмассы, армированные стекловолокном.** Такая крепь, наряду с ее легкостью, устойчивостью к различным механическим нагрузкам и к действию разных химреагентов, пока еще широкого распространения не получила.



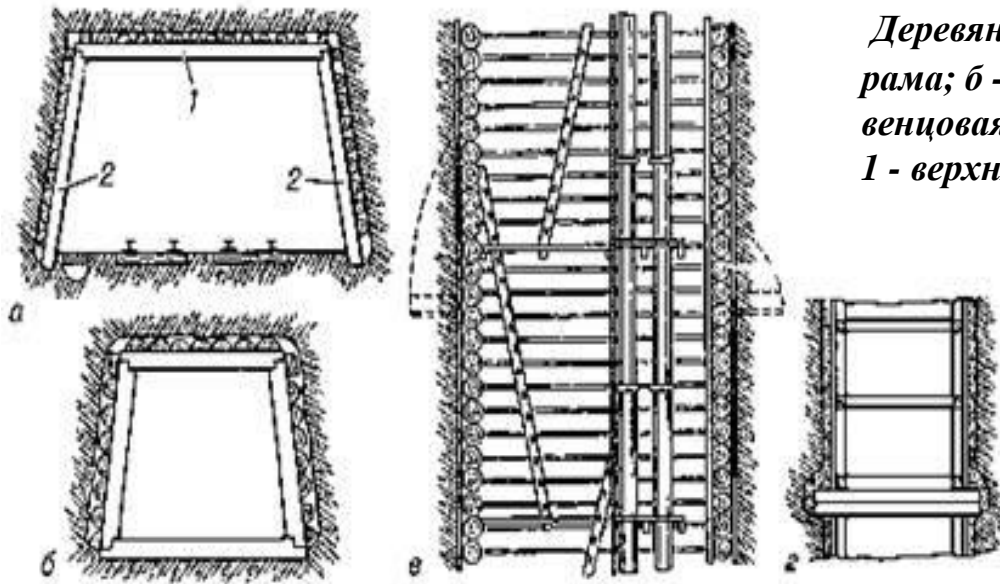
Крепи капитальных выработок: а - бетонная круглая крепь вертикального ствола (продольный разрез); б и в - бетонные монолитные сводчатые крепи горизонтальных выработок; г - бетонная монолитная круглая крепь горизонтальной выработки



Сборные железобетонные крепи: а - тубинговая; б - арочная шарнирная; в - эллиптическая замкнутая; 1 - верхний сегмент; 2 - стойка; 3 - затяжка; 4 - забутовка; 5 - соединительные болты



Металлические крепи из спецпрофиля: а - арочная податливая; б - кольцевая податливая; 1 - верхняк; 2 - соединительный хомут; 3 - болт



Деревянные крепи: а - трапецевидная крепёжная рама; б - полная рама (с лежнем); в - сплошная венцовая крепь; г - венцовая крепь на стойках; 1 - верхняк; 2 - стойки



Рудничная стойка

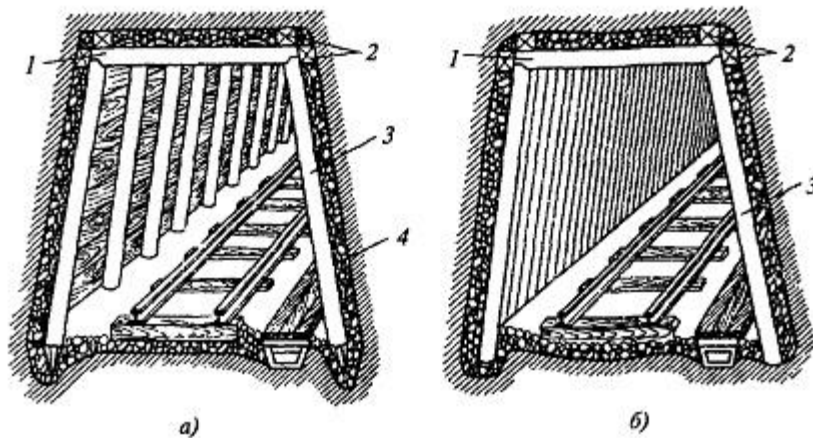
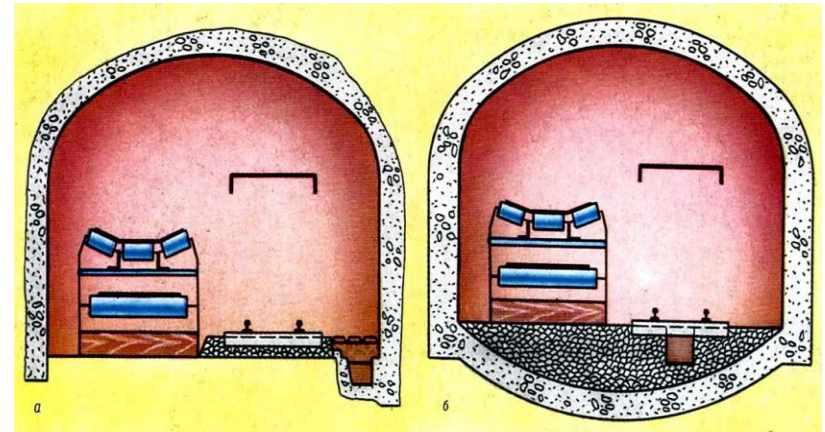


Рис. 14.1. Выработки, закрепленные вразбежку (а) и сплошную (б) деревянными неполными крепёжными рамами



Бетонная крепь с вертикальными стенами и сводчатым перекрытием (а); с обратным сводом (б)

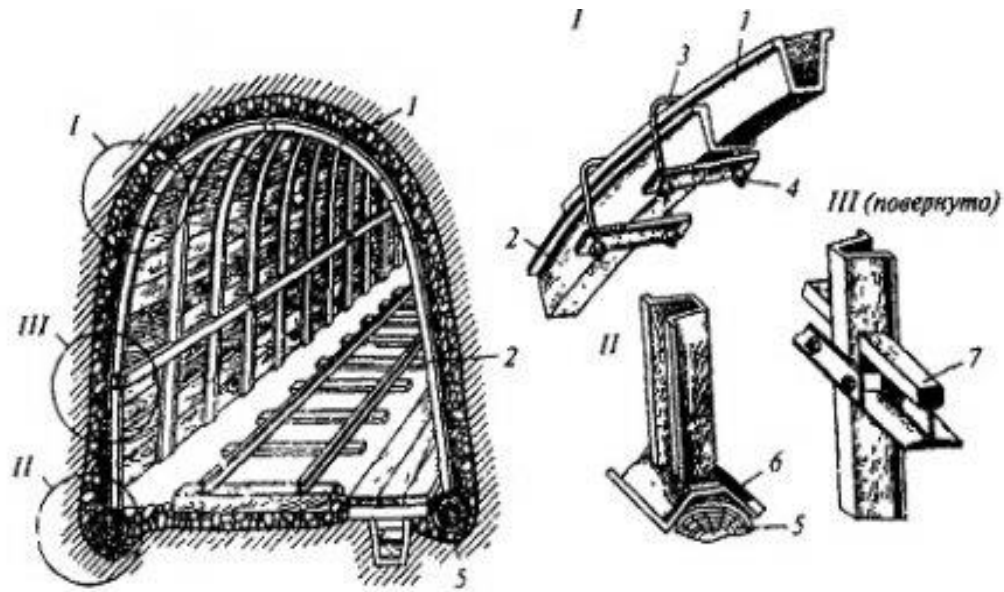
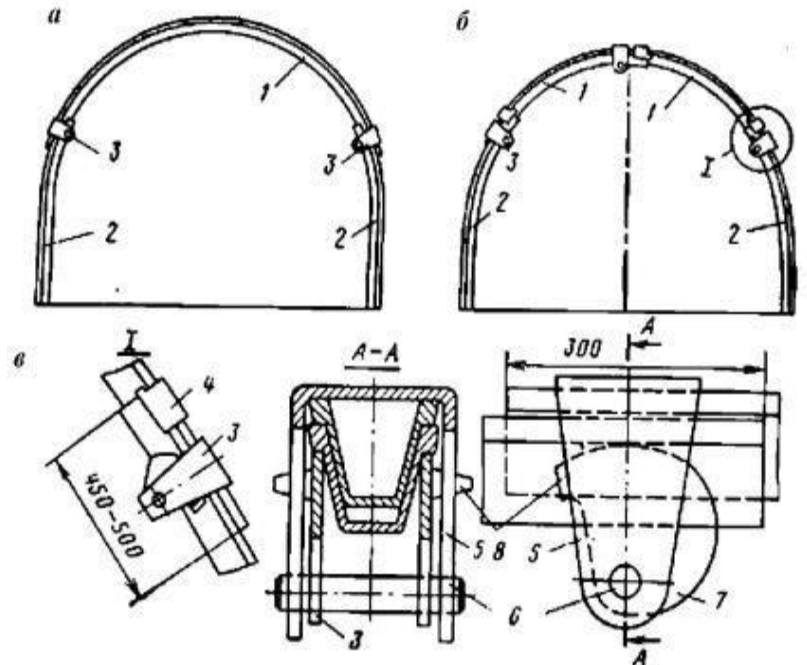


Рис. 14.3. Арочная податливая крепь



rinmetal.al.biz



2.3 Технологии создания крепи

Крепление горизонтальных выработок. Основной конструкцией деревянной крепи горизонтальных выработок является крепежная рама. Обыкновенная или неполная крепежная рама состоит из верхняка и двух стоек. Стойки чаще всего устанавливаются наклонно (трапециевидная рама). При слабой почве выработок крепежная рама делается полной. В этом случае в ее конструкцию включается еще и лежень. Нужно сказать, что в зависимости от условий проведения, горизонтальной выработки, отдельные элементы крепежной рамы могут отсутствовать или, наоборот, могут быть усилены дополнительными элементами. Наиболее ходовыми диаметрами крепежного леса являются стойки с диаметром в верхнем отрезе 15–25 см.

Расстояние между крепежными рамами определяется исходя из следующих условий:

- а) при неустойчивых породах – крепление сплошное, когда расстояние между рамами равно диаметру крепежных стоек;**
- б) при породах средней устойчивости – расстояние между рамами увеличивается до 1 м; 102;**

- в) при породах очень устойчивых – расстояние между рамами может быть доведено до 1,5–2,0 м;**
- г) при исключительных по устойчивости породах и иногда на последних метрах выработки – последняя может проходить без крепления вовсе.**

В этих случаях сечению выработки целесообразно придавать сводовую форму.

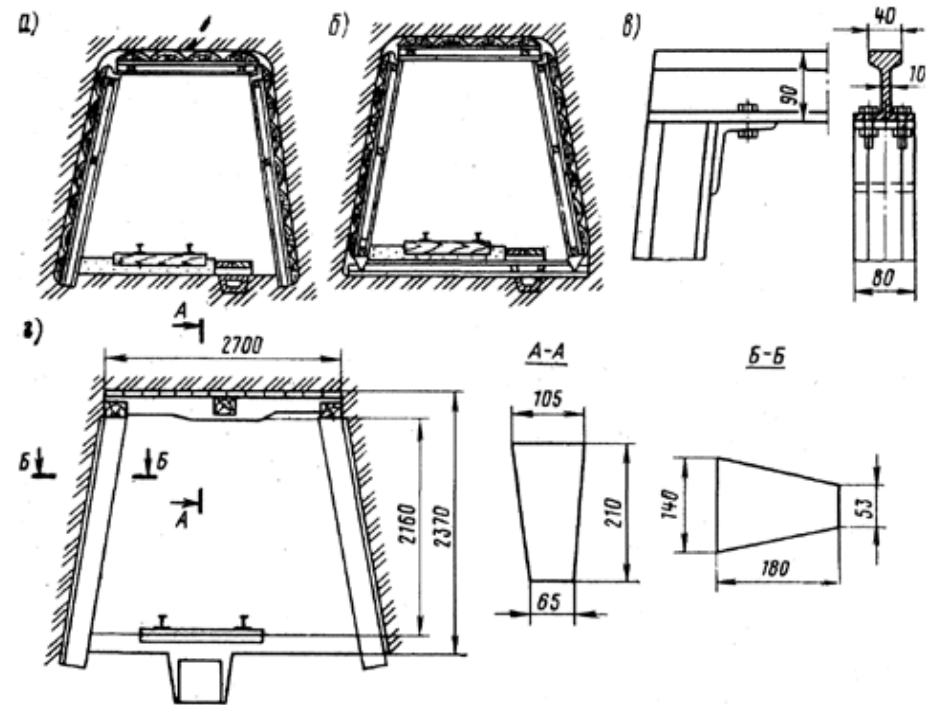
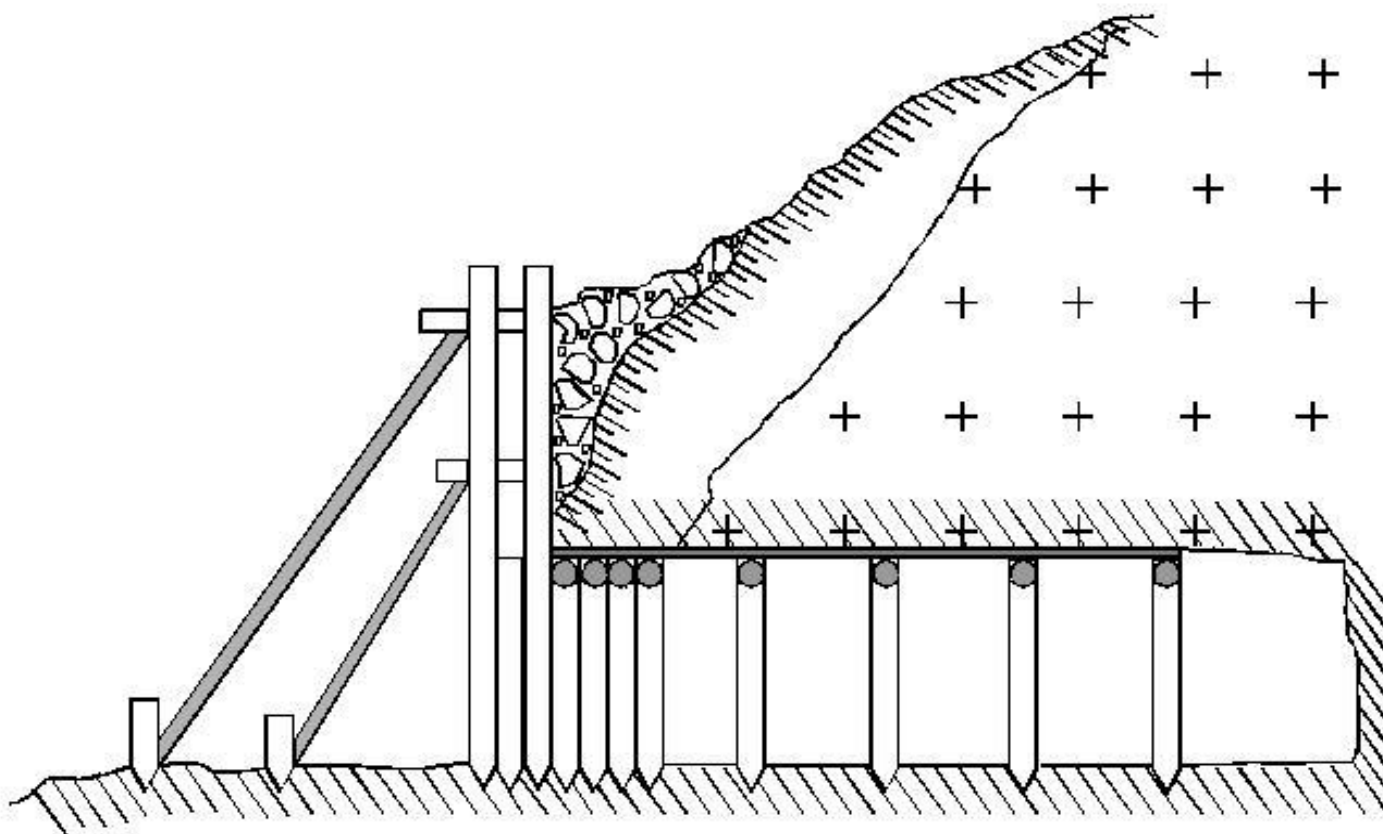


Рис. 103. Крепление штольни рамами: а – неполная рама из рельсов; б – полная рама из рельсов; в – узел соединения рельсовых верхняка и стойки; г – железобетонная рама из сборных элементов

Общая схема крепления штольни



Первые метры выработок типа штолен, которые обычно проходятся или в рыхлых или в неустойчивых породах крепятся сплошной крепью. Далее переходят на крепление в разбежку и наконец последние метры такой выработки, как уже упоминалось, могут проходиться без крепления. Устьевая часть штольни, кроме того, крепится дополнительно. Различных вариантов такого крепления существует очень много, но все они предохраняют выработку и занятых на ней людей от обрушения горных пород по склону рельефа дневной поверхности.

Крепление вертикальных выработок. Основной конструкцией деревянной крепи вертикальных выработок является венец, представляющий собой прямоугольную раму, состоящую из четырех брусьев или бревен. Наиболее ходовыми диаметрами крепежного леса являются стойки с диаметром в верхнем отрезе 15 + 20 см. Венцы устанавливаются в горизонтальных плоскостях или вплотную – сплошная венцовая крепь, или на некотором расстоянии друг от друга по оси выработки – венцовая крепь на стойках (бабках) и венцовая подвесная крепь. Элементы венца соединяются между собой замком в лапу. Бабки с венцами соединяются замком в шип. Сплошная венцовая крепь применяется для крепления шурфов и стволов разведочных шахт, проходимых в породах неустойчивых и среднеустойчивых. Возводят ее сверху вниз, когда порода не допускает большого отставания крепи от проходки выработки на определенную глубину.

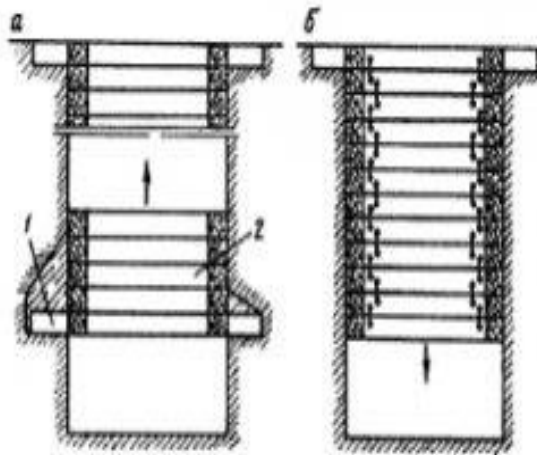
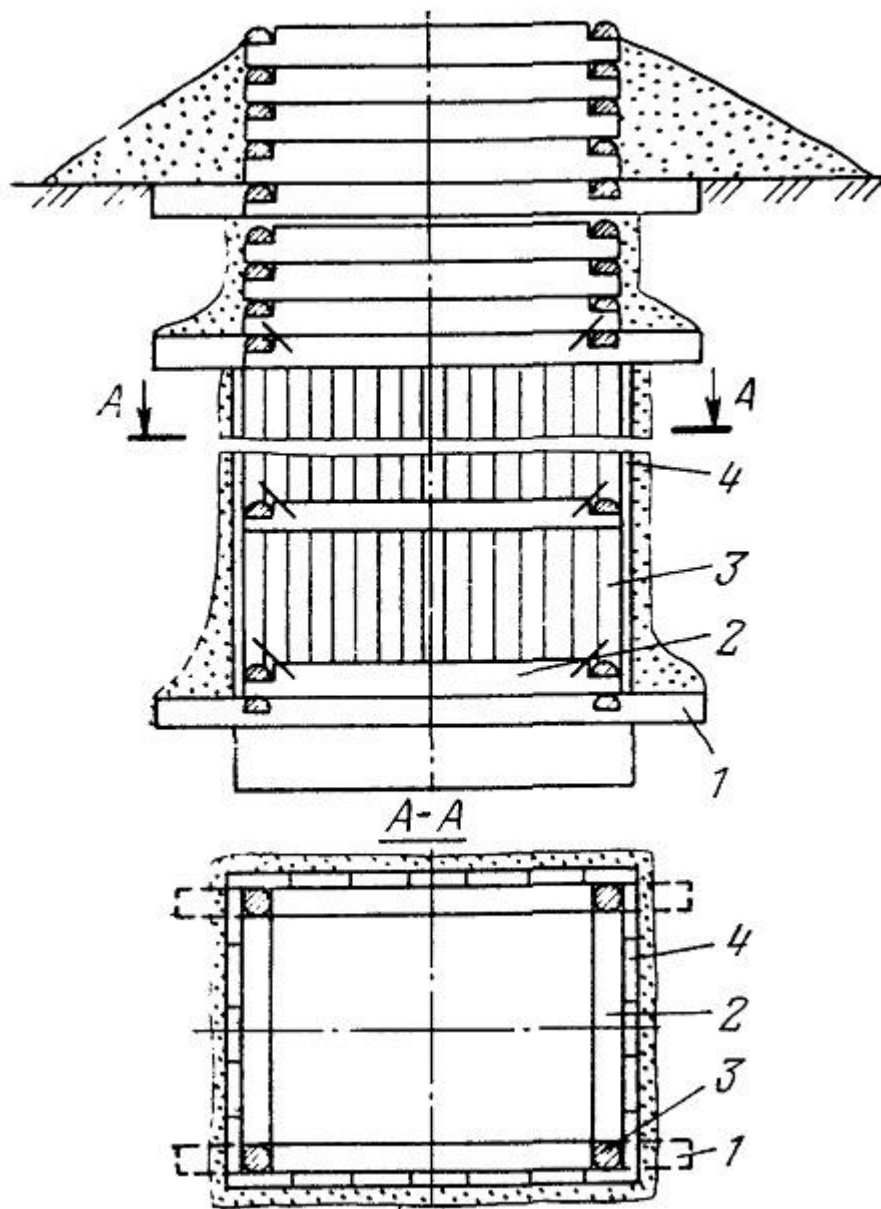
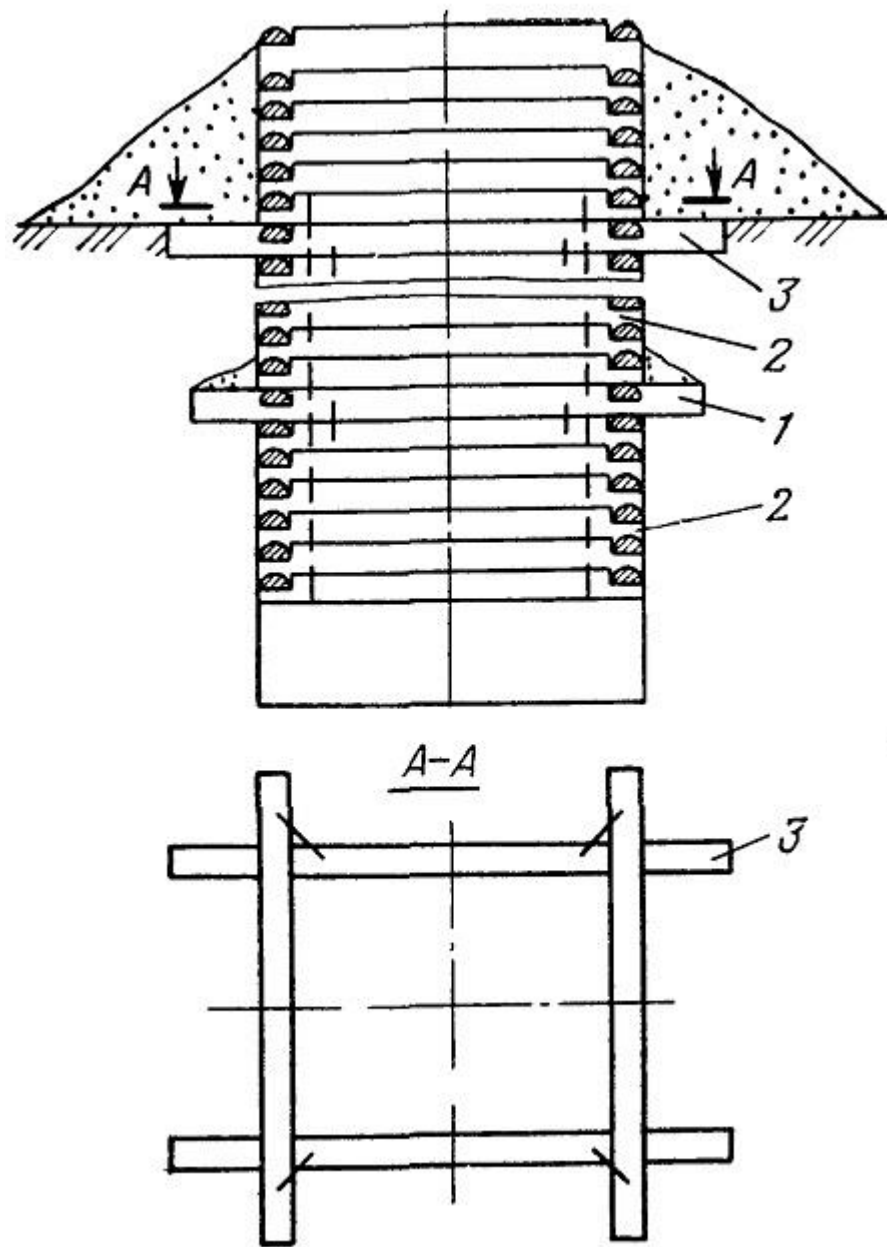


Рис. 4.29. Венцовая крепь:

а, б — схемы установки венцов снизу вверх и сверху вниз; *1* — основной венец; *2* — промежуточный венец



Венцовая крепь шурфа стойках

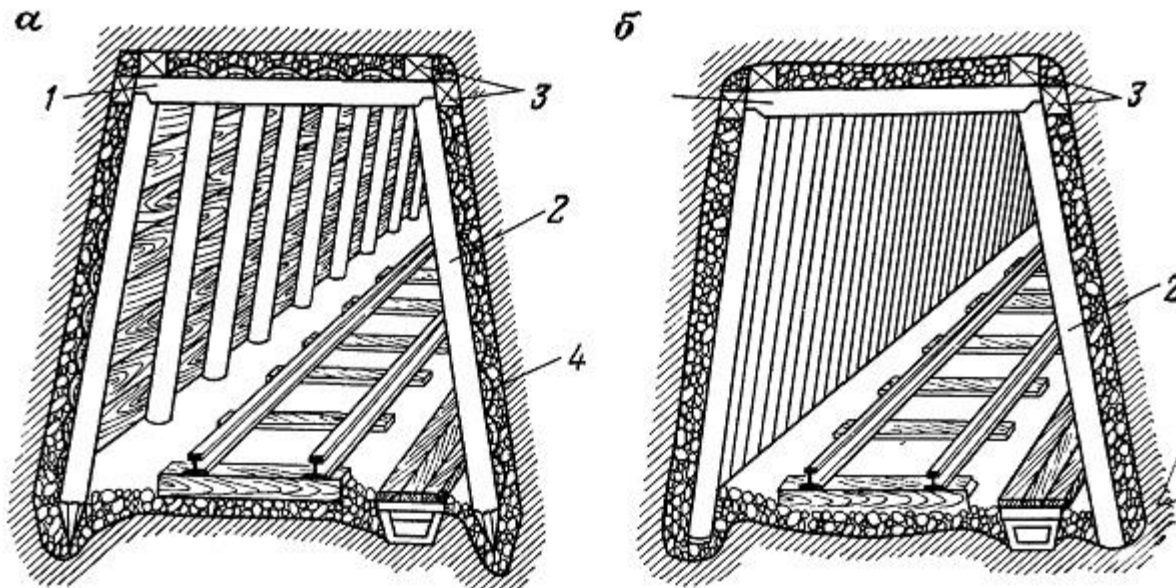


Подвесная венцовая крепь шурфа

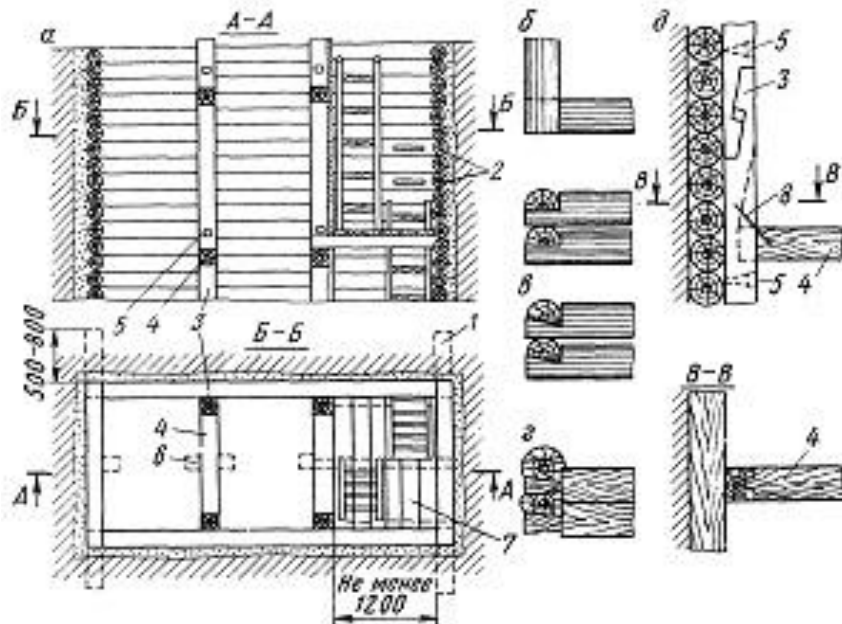
При проходке шурфов и стволов шахт в слабых породах сплошная венцовая крепь возводится вслед за продвижением забоя. В устье выработки укладывается первый венец, имеющий пальцы (выступающие части стоек) со всех четырех сторон. Этот венец является одновременно и основной проходческой рамой, по которой затем проверяется качество, как проходческих, так и крепежных работ. По мере углубки выработки нижний венец, лишенный пальцев, подводится по частям под венец расположенный выше; при этом каждый последующий венец подвешивается к установленному металлическими скобами.

Сплошная венцовая крепь, когда она возводится снизу вверх, применяется при проходке вертикальных выработок в породах, позволяющих проходить эти выработки без крепления в интервале до 4–5 м. Состоит она из основных венцов, которые по своим коротким стойкам имеют пальцы, и венцов вспомогательных, которые пальцев не имеют. Длина пальцев берется от 0,3 м в более прочных породах до 0,8 м в породах менее прочных. Пальцы заводятся в лунки, которые устраиваются в соответствующих 105 стенках выработки. При всём следует отметить, что лунки могут выполняться, как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости. После проходки определенного участка выработки сначала устанавливается в лунках основной венец, а затем вспомогательными венцами наполняется пройденный интервал между двумя смежными основными венцами. Венцы, в зависимости от глубины врубки замка, могут располагаться по отношению друг к другу или вплотную, или же с некоторым промежутком. Промежутки между венцами необходимо оставлять при вспучивающихся глинистых породах для предотвращения поломки венцов.

Венцовая крепь на стойках (или бабках) применяется для крепления вертикальных выработок в устойчивых породах, которые позволяют проходить выработку до 10 м без крепления. Возводится она снизу вверх по мере углубления выработки на величину звена. При этом способе крепления вначале устанавливается своими пальцами в лунках нижний основной венец. Размер пальцев, характер и назначение лунок остаются прежними. Затем на коротких вертикальных стойках длиной в 0,8–1,0 м, устанавливаются вспомогательные венцы, которыми и заполняется весь пройденный интервал. Диаметр вертикальных стоек (бабок) обычно берется на 2–3 см меньшим по сравнению с диаметром стоек венца. Подвесная венцовая крепь применяется приблизительно в тех же условиях, что и венцовая крепь на бабках, но возводят ее сверху вниз. Последнее означает, что выработку можно крепить непосредственно вслед за ее проходкой, не ожидая пока будет пройден необходимый интервал в 4–10 м. Поэтому, по соображениям организации горно-проходческих работ и их цикличности, этому обстоятельству следует уделять внимание при окончательном выборе способа крепления вертикальной горной выработки. Расстояние между венцами здесь, как и при предыдущем способе, берет порядка 0,8–1,0 м. Пальцы, лунки и остальные детали будут такими же. 106 Плоскости венцов при любом виде венцовой крепи должны быть строго горизонтальными и тщательно расклинены. Стенки должны быть вертикальными, а диагонали сечения должны быть всегда одинаковыми. Пространство между венцовой крепью вразбежку и стенками выработки затягивается досками, или горбылем и забучивается отработанной горной породой. Любая вертикальная выработка (шурф или шахтный ствол) в устьевой части, проходимой обычно по рыхлым наносам, крепится сплошной венцовой крепью, затем переходя на венцовую крепь вразбежку и, наконец, ее последние метры не крепятся вовсе. Форма сечения при этой остается прямоугольной. Только в эксплуатационных выработках или в тех разведочных, из которых проходятся другие выработки, не имеющие непосредственного выхода на поверхность, крепление может доходить до самого забоя.



Выработки, закрепленные разбежку (а) и сплошную (б) деревянными неполными крепежными рамами трапецевидной формы



Сплошная венцовая крепь:

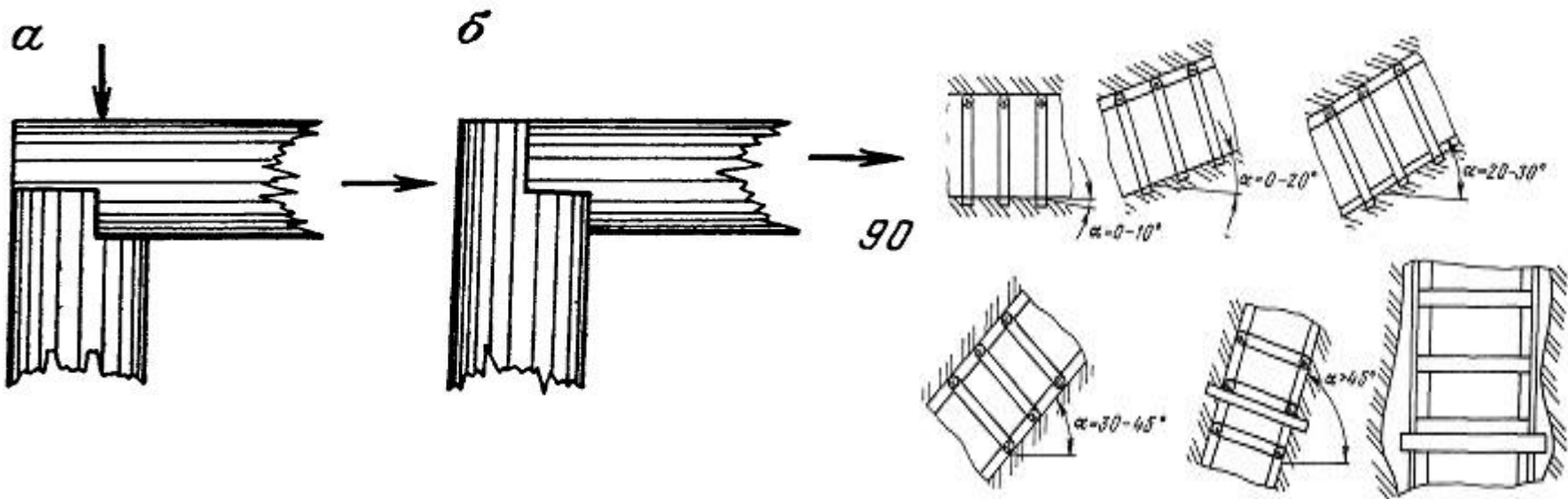
а — общий вид крепи;

б — врубка — односторонняя прямая лапа;

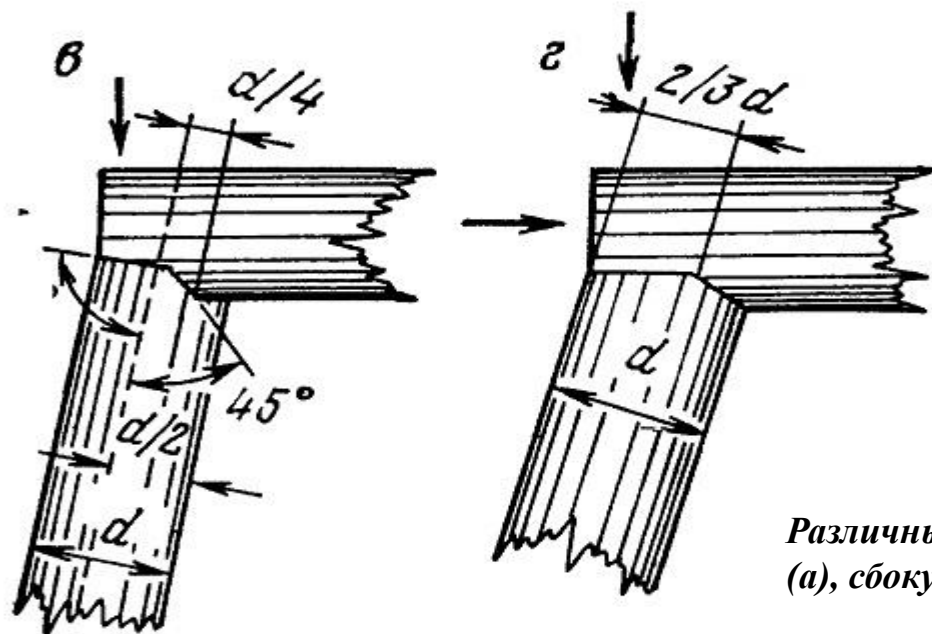
в — односторонняя косая лапа;

г — двусторонняя косая лапа;

д — элементы армировки с крепью



Деревянная крепь при различных углах наклона выработок



Различные виды соединений в лапу при давлении сверху (а), сбоку (б), сверху и с боков (в и г)