

Е. П. ҚАЛМЫКОВ

СООРУЖЕНИЕ УСТЬЕВ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ

Москва 1960

АННОТАЦИЯ

В книге излагаются вопросы проектирования и сооружения устьев вертикальных стволов шахт в различных горногеологических условиях, а также приводятся методы определения расчетных нагрузок и расчета крепи устьев.

Книга предназначена для инженерно-технических работников шахтного строительства, а также инженеров-проектировщиков угольной промышленности.

ВВЕДЕНИЕ

Семилетним планом развития народного хозяйства СССР на 1959—1965 гг. намечено построить и ввести в действие, с учетом реконструкции действующих предприятий, мощностей угольных шахт и разрезов в размере 200—220 млн. т в год, с первоочередным строительством новых шахт для добычи коксующихся углей. Для обеспечения ввода в действие мощностей угольных шахт необходимо ускорить строительство новых шахт, особенно с коксующимися углями, и в первую очередь проведение горных выработок, определяющих продолжительность строительства шахты.

В настоящее время из общего времени, необходимого на проведение горных выработок к моменту сдачи шахты в эксплуатацию, до 40—50% занимает проходка вертикальных стволов.

Наибольшие трудности при этом представляет сооружение устьев вертикальных стволов.

При проходке вертикальных стволов в обычных условиях, их устья, как правило, сооружаются в более сложных геологических и гидрогеологических условиях, которые характеризуются слабыми покровными горными породами: глинами, песками, супесями и суглинками, часто обводненными осадочными и коренными, сильно выветрелыми и нарушенными породами; глинистыми и песчанистыми сланцами, песчаниками, мергелями, известняками и др.

Нередки случаи, когда проходка устьев вертикальных стволов ведется с применением специальных способов: забивной крепи, водопонижения, под сжатым воздухом, а иногда и замораживания. В практике шахтного строительства угольной промышленности последних лет, устья вертикальных стволов часто проходятся без подготовительных работ и оснащения проходок оборудованием, при отсутствии достаточного количества проходчиков, что приводило не только к снижению темпов проходки устьев вертикальных стволов и увеличению продолжительности их сооружения, но в отдельных случаях к завалам и серьезным авариям.

В последние годы фактические затраты времени на сооружение устьев вертикальных стволов составляли до 5—7 мес., а минимальные — 1,5—2,0 мес. Иногда сооружение устьев занимает до 30% времени, затрачиваемого на проходку и постоянное крепление вертикальных стволов. При этом темпы сооружения устьев в несколько раз ниже средних темпов проходки вертикальных стволов и составляют 6—8 и максимально 12—18 м/мес.

Низкие темпы проходки устьев вертикальных стволов, особенно по обводненным породам, часто приводят к деформации временной, а иногда и постоянной крепи, к вывалам породы, к образованию на поверхности вокруг устьев заколов, а иногда и воронок. В шахтном строительстве угольной промышленности имели место случаи (более 15% пройденных устьев вертикальных стволов), когда пройденные устья стволов приходили в аварийное состояние и на ликвидацию этих аварий затрачивалось много времени и средств.

Аварии при проходке устьев вертикальных стволов имели место не только в угольных бассейнах и районах, характеризующихся слабыми, неустойчивыми, часто обводненными покровными породами, но и в таких угольных бассейнах, как Донбасс. Так, на протяжении последних лет аварии при проходке устьев вертикальных стволов в Донбассе были на: вентиляционном и скиповом стволах шахты «Буденновская-Восточная» соответственно на глубинах 8 и 10 м от поверхности земли, главном и вентиляционном стволах шахты № 3 «Холодная Балка» на глубине 8 м, вентиляционном стволе шахты «Горловская Глубокая» и ряде других вертикальных стволов.

Сталино-Макеевский, Луганский, и особенно Красноармейский районы в Донбассе, характеризуются неустойчивыми, обводненными покровными породами и аварийность устьев вертикальных стволов в этих районах достигает 20% от их общего количества.

Поэтому назрела необходимость коренным образом улучшить технику и организацию сооружения устьев вертикальных стволов.

В настоящей работе излагаются вопросы конструирования, расчета и сооружения устьев вертикальных стволов.

Глава I

НАЗНАЧЕНИЕ И КОНСТРУКЦИЯ УСТЬЕВ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ

1. Назначение устьев вертикальных стволов

Устьем вертикального ствола называется его верхняя часть, выходящая на земную поверхность.

Устья вертикальных стволов выполняют те же основные функции, что и вертикальные стволы.

Кроме того, крепь устьев вертикальных стволов имеет самостоятельное назначение и, помимо оказывания сопротивления давлению окружающих ее горных пород и поддержания расстрелов армировки, служит:

коллектором для каналов различного назначения (вентиляционных, калориферных, труб сжатого воздуха, водоотливных труб, электрокабелей и др.);

опорой (фундаментом) для станка копра, а иногда и стоек надшахтного здания, опирающихся на крепь устья, а также опорой для подвески временной крепи при проходке нижележащего (под устьем) участка вертикального ствола и временного проходческого оборудования.

В зависимости от основного назначения вертикальных стволов (подъемного, вентиляционного и др.) их устья отличаются между собой сечениями в свету и, в зависимости от действующих на них нагрузок, поперечными размерами крепи, а также количеством и размерами устраиваемых в них каналов.

Верхняя отметка устьев вертикальных стволов располагается всегда на 10—20 см выше уровня земли для предохранения вертикальных стволов от попадания в них поверхностных вод.

Нижняя отметка устьев вертикальных стволов, в зависимости от их конструкции, опирающихся на них сооружений, геологических и гидрогеологических условий залегания горных пород, наличия и расположения в устьях каналов, колеблется в пре-

делах от 3 до 15 м от поверхности земли. В отдельных случаях глубина устьев доходит до 25—30 м от поверхности земли.

Нижнее основание устьев вертикальных стволов желательно закладывать в коренных породах, глубина залегания которых в основных угольных бассейнах составляет 15—25 м. Однако коренные породы часто залегают на глубине 35—45 м и более от поверхности земли, в связи с чем основания устьев вертикальных стволов в этих случаях закладывают в слабых породах покровной толщи.

2. Поперечные размеры устьев вертикальных стволов в свету

В современной практике шахтного строительства угольной промышленности вертикальные стволы проходят исключительно круглой формы поперечного сечения. Устья вертикальных стволов, как и вертикальные стволы сооружаются также круглой формы.

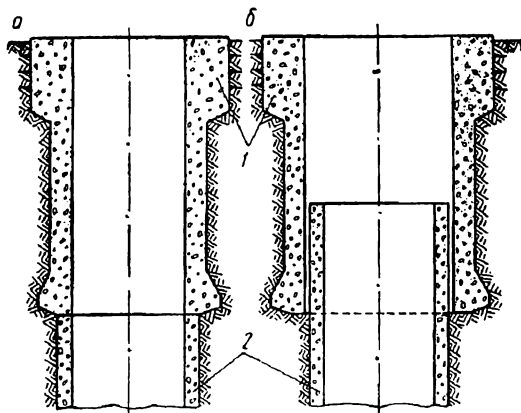


Рис. 1. Устья вертикальных стволов:
1 — крепь устья, 2 — крепь вертикального ствола

Размеры поперечного сечения устьев вертикальных стволов в свету зависят от принятых способов проходки вертикальных стволов.

При обычном способе проходки вертикальных стволов, а также при проходке с применением некоторых специальных способов (водопонижение, тампонирувание, замораживание и поджатый воздух с неподвижной рабочей камерой) поперечные размеры устьев вертикальных стволов в свету равны поперечным размерам проходимых стволов (рис. 1, а).

При специальных способах проходки вертикальных стволов (опускная крепь, вертикальная стальная забивная крепь, под

сжатым воздухом с подвижной рабочей камерой, бурение) поперечные размеры устьев в свету больше поперечных размеров проходимых вертикальных стволов на величину, равную удвоенной толщине крепи стволов плюс удвоенная величина зазора между крепью устья и крепью вертикального ствола (рис. 1, б). В этих случаях размеры сечения устья и форма сечения определяются для каждого случая отдельно.

Типовых устьев вертикальных стволов пока еще не разработано, однако, сечения их в свету и армировка полностью соответствуют типовым сечениям вертикальных стволов. В качестве материала крепи устьев, вне зависимости от рода материала крепи вертикальных стволов, до последнего времени применяется исключительно монолитный бетон или железобетон (бетон марки 150 и 200; арматура — сталь 3 и 5).

В последние годы на отдельных шахтах Донецкого бассейна (шахты: «Волинская-Комсомольская», им. Войкова, «Черкасская-Комсомольская» и др.) устья крепили сборной железобетонной тубинговой крепью, которая по существу играла роль внутренней оболочки устья, а не опорной конструкции, служащей для восприятия действующих на устье вертикальных нагрузок и передачи их окружающим горным породам.

3. Оборудование устьев вертикальных стволов и каналы, устраиваемые в них

Для размещения подъемных сосудов, водоотливных труб, труб сжатого воздуха, электрокабелей и другого оборудования в устьях вертикальных стволов, так же как и в вертикальных стволах, устраивается постоянная армировка, состоящая из расстрелов, проводников, лестниц, кронштейнов и различных скреплений. Чаще всего при сооружении устьев вертикальных стволов применяют стальную армировку, состоящую из стальных расстрелов и проводников, лестниц и скреплений и реже смешанную армировку — из стальных расстрелов и скреплений и деревянных проводников, лестниц и обшивки.

Расстояние между ярусами расстрелов при длине рельсов 12,5 м, как и в вертикальных стволах, принимается равным 4168 мм.

В крепи устьев вертикальных стволов устраиваются проемы для каналов различного назначения: вентиляционных, калориферных, трубных и кабельных. Проемы для всех каналов выполняются, как правило, прямоугольного сечения и очень редко (для вентиляционных каналов) эллипсоидного сечения.

Площадь поперечного сечения вентиляционных каналов составляет 4—20 м² в зависимости от подаваемого в стволы или отсасываемого из стволов количества воздуха. Верхняя отметка вентиляционных каналов должна находиться на 3—7 м ниже верхней отметки устьев вертикальных стволов.

Площадь калориферных каналов, в зависимости от количества подаваемого ими подогретого воздуха для предохранения стволов от обмерзания в зимнее время, колеблется от 2 до 8 м².

Для вывода на поверхность из стволов водоотливных труб в крепи устьев устраиваются для них проемы сечением от 1,5 до 4,0 м² в зависимости от количества и диаметра водоотливных труб.

Для ввода с поверхности в вертикальные стволы труб сжатого воздуха, а также электрокабелей в крепи устьев устраиваются соответствующие проемы. Площадь поперечного сечения проемов для труб сжатого воздуха 1,0—1,5 м², а для электрокабелей 0,8—1,0 м².

Верхняя отметка проемов каналов для ввода в ствол труб сжатого воздуха обычно находится на высоте 2—3 м от верхней отметки устья, а проемов каналов для ввода в ствол электрокабелей и кабелей связи — на высоте 1,0—2,0 м.

Помимо указанных проемов, в устьях вертикальных стволов (в их верхней части) всегда оставляются проемы для установки подкопровых или подстанковых рам.

Ниже указанных проемов, при сооружении устья заделываются анкерные болты, при помощи которых подкопровые или подстанковые рамы крепятся к устьям.

В соответствии с Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах устья вертикальных стволов, по которым производится подача свежего воздуха, должны быть снабжены легко закрывающимися стальными лядами (рис. 2). Стальные ляды при нормальной работе шахты должны быть все время открыты. При возникновении пожара в надшахтном здании стальные ляды закрываются и преграждают доступ огня и продуктов горения в ствол шахты и соединенные с ним горные выработки.

В устьях вертикальных стволов стальные противопожарные ляды устраивают на нулевой отметке или несколько ниже ее.

4. Условия, определяющие конструкцию устьев вертикальных стволов

В практике шахтного строительства угольной промышленности Союза ССР применяются разнообразные конструкции устьев вертикальных стволов. Разнообразие конструкций устьев вертикальных стволов объясняется специфическими условиями их работы, а также в известной мере сложившимся опытом их проектирования и строительства в различных угольных бассейнах.

Конструкция устьев вертикальных стволов зависит от: назначения вертикальных стволов (подъемного, вентиляционного и др.) и формы их поперечного сечения; материала крепи (монолитного бетона или железобетона);

величины вертикальных нагрузок, передаваемых на устье опирающимися на них горнотехническими сооружениями, и от вида этих сооружений;

условий залегания и физико-механических свойств горных пород, в которых сооружаются устья;

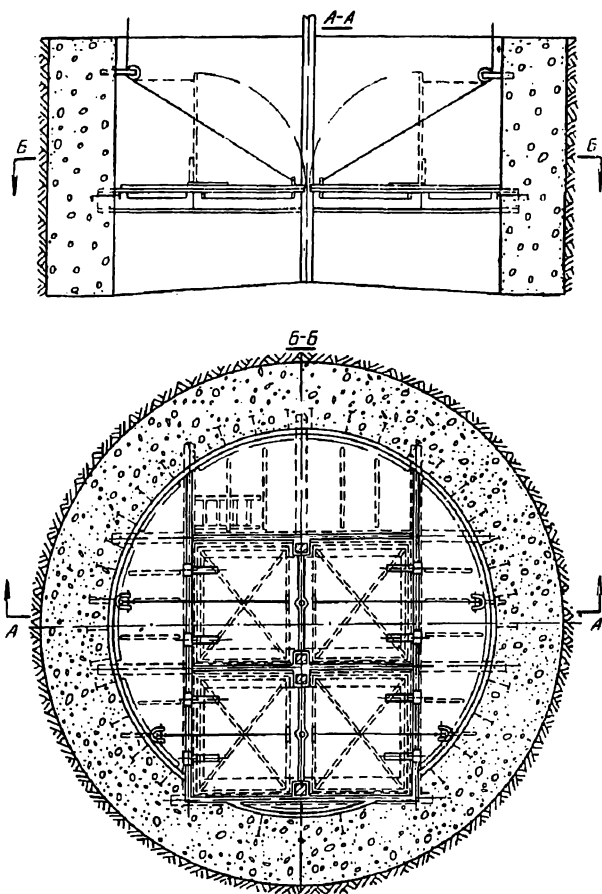


Рис. 2. Противопожарные ляды

принятого способа проходки вертикальных стволов (обычного или специального) и схемы организации работ по проходке и возведению постоянной крепи устьев вертикальных стволов.

В зависимости от назначения вертикальных стволов в устьях устраиваются проемы для вентиляционных и калориферных каналов, которые в ряде случаев, особенно при больших попе-

речных размерах их, оказывают значительное влияние на выбор конструкции и толщину крепи устьев вертикальных стволов.

В значительной мере на конструкцию устья влияет форма поперечного сечения вертикальных стволов. В практике шахтного строительства формы поперечного сечения устьев, как правило, соответствуют формам поперечного сечения вертикальных стволов (при прямоугольном сечении ствола устье его устраивается часто не прямоугольным, а криволиким).

Материал крепи оказывает значительное влияние на конструкцию устьев вертикальных стволов. При прочих равных условиях конструкции устьев вертикальных стволов, закрепленных монолитным железобетоном, характеризуются меньшими поперечными размерами при одновременно большей прочности (особенно изгибающим и растягивающим усилиям) по сравнению с конструкциями устьев, закрепленных монолитным бетоном.

Монолитная бетонная крепь устья обычно применяется в более устойчивых породах; железобетонная — как правило, в слабых обводненных, неустойчивых породах.

Конструкция устьев вертикальных стволов зависит также от вида сооружений, опирающихся на них. При опирании на крепь устья только копра или его станка устью обычно придается круглая форма поперечного сечения или круглая с четырьмя небольшими выступами в верхней части для заделки подкопровых или подстанковых рам. При опирании на крепь устья еще и стоек надшахтного здания, верхней части крепи устья иногда придается четырехугольная форма поперечного сечения (опирание на крепь устья стоек надшахтного здания, как правило, нерационально).

Поперечные размеры оснований устьев вертикальных стволов при опирании на них подкопровых или подстанковых рам будут значительно меньше, чем при опирании на них еще и стоек надшахтного здания. В последние годы однако, появилась общая тенденция объединения конструкций копров и надшахтных зданий в одну общую конструкцию с опиранием ее на устья вертикальных стволов.

На конструкцию устьев вертикальных стволов и их поперечные размеры основное влияние оказывают вертикальные нагрузки, действующие на крепь устья, условия залегания и физико-механические свойства горных пород, в которых сооружаются устья. В связи с перспективами применения металлических и железобетонных безукосных копров, нагрузки на крепь устьев резко возрастают.

Поперечные размеры крепи устьев, а также их оснований определяются в зависимости от вертикальных нагрузок, передаваемых на устья вертикальных стволов опирающимися на них горнотехническими сооружениями. Чем больше будут вертикальные нагрузки, действующие на крепь устьев вертикаль-

ных стволов, тем больше будут поперечные размеры крепи устьев и их оснований.

Условия залегания и физико-механические свойства горных пород в значительной степени определяют, как выбор материала крепи устьев вертикальных стволов (монолитный бетон или железобетон), так и конструкцию устьев вертикальных стволов.

Залегающие у поверхности земли плотные породы (глины, суглинки), а ниже их слабые неустойчивые породы (обводненные пески плавунного характера), определяют ступенчатую конструкцию устья. И наоборот, залегающие у поверхности земли слабые горные породы, а ниже их плотные, а иногда и скальные породы определяют венцовую конструкцию устья. При залегании на значительной глубине от поверхности земли слабых неустойчивых пород применяют смешанные ступенчато-венцовые конструкции устьев вертикальных стволов.

Значительное влияние на конструкцию устьев вертикальных стволов оказывает принятый способ проходки вертикальных стволов, так как при некоторых специальных способах проходки вертикальных стволов (бурение, замораживание, поджатый воздухом) требуется сооружение специальных устьев.

Наряду с этим принятая схема организации работ при сооружении устьев вертикальных стволов, проходимых обычным способом, также оказывает в известной мере влияние на конструкцию устьев. При сооружении устьев с применением основной рамы, конструкция устья может быть с верхним уступом (основанием) или без него, в то время как устройство такого основания обязательно при сооружении устьев вертикальных стволов без применения основной рамы.

5. Конструкции устьев вертикальных стволов, проходимых обычным способом

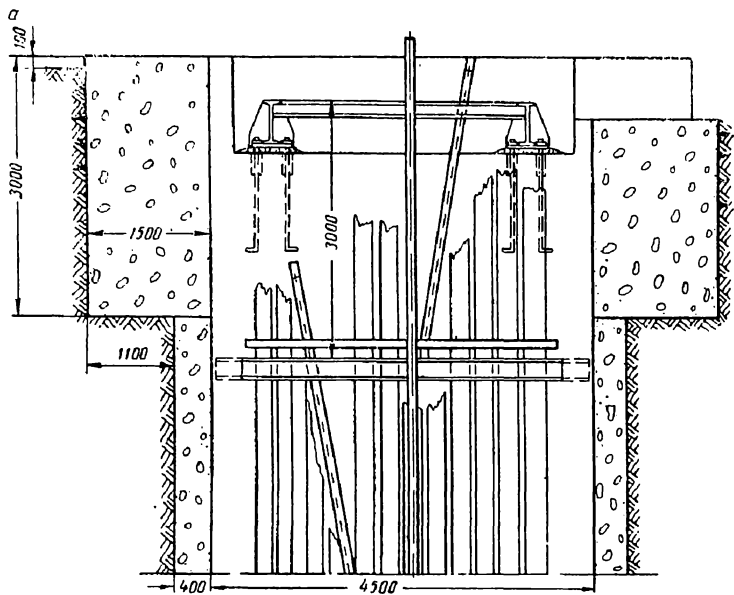
Конструкции устьев вертикальных стволов, проходимых обычным способом, весьма разнообразны.

Конструкция одноступенчатого устья вертикального ствола с плоским основанием приведена на рис. 3, а. Ствол оборудован одним двухклетевым подъемом на однотонную вагонетку и лестничным отделением.

На крепь устья опирается подстанковая рама копра, передающая усилия, возникающие в станке копра, на крепь устья. По подъемному стволу выходит на поверхность струя отработанного воздуха.

Конструкция устья представляет одноступенчатый полый бетонный цилиндр с толщиной стенок 150 см и высотой 300 см с плоским основанием.

Такая конструкция устья применяется при наличии у поверхности земли плотных глинистых пород на глубину 5—6 м



б

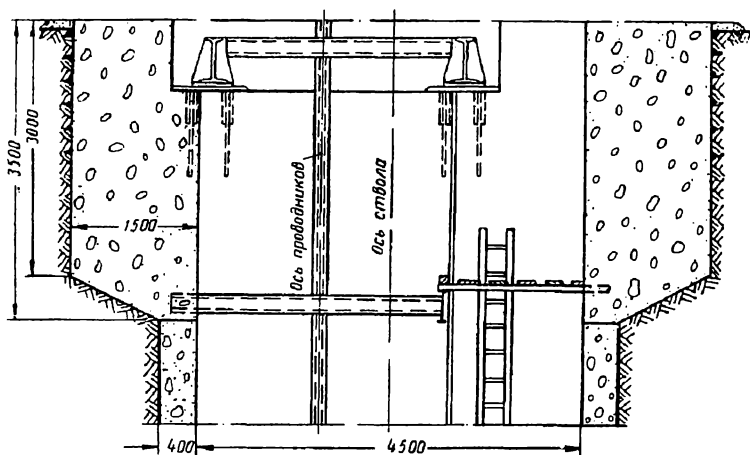


Рис. 3. Конструкции одноступенчатого устья:
 а — с плоским основанием; б — с коническим основанием

и при залегании ниже их водоносных песчано-глинистых пород на значительную глубину (Подмосковный и аналогичные ему бассейны).

При горизонтальном основании одноступенчатого устья вертикального ствола и больших вертикальных нагрузках, передаваемых им на горные породы, в последних могут образоваться плоскости скольжения. Сползающей призмой грунта на крепь вертикального ствола, лежащую под горизонтальным основанием устья, будут передаваться дополнительные горизонтальные нагрузки, что приведет к образованию в крепи ствола дополнительных напряжений. Эти дополнительные напряжения будут тем больше, чем больше будут вертикальные нагрузки от горнотехнических сооружений, опирающихся на крепь устья.

При больших вертикальных нагрузках, действующих на крепь устья, во избежание деформации крепи вертикального ствола, расположенной под основанием устья, следует от одноступенчатой конструкции устья переходить на двухступенчатую конструкцию с плоскими основаниями.

Конструкция одноступенчатого устья вертикального ствола с коническим основанием приведена на рис. 3, б. Ствол оборудован одним двухскиповым подъемом со скипами емкостью 4 т и лестничным отделением. По стволу выходит струя отработанного воздуха. На бетонную крепь устья опирается рама станка копра.

Конструкция этого устья представляет также монолитный бетонный одноступенчатый полый цилиндр с толщиной стенок 150 см и высотой 350 см.

Кажущимся достоинством конструкции устья вертикального ствола с коническим основанием по сравнению с конструкцией устья вертикального ствола с плоским основанием является то, что давление, передаваемое устьем на горные породы, направлено от крепи. В результате этого в конструкциях устьев с коническим основанием удастся избежать передачи давления горными породами на нижележащую крепь вертикального ствола. Однако, как это показывают исследования, при коническом основании крепи устья, вертикальное давление, передаваемое основанием на горные породы, раскладывается на нормальное к плоскости основания крепи устья, воспринимаемое горными породами, и горизонтальное, которое воспринимается крепью вертикального ствола. Чем больше угол наклона конического основания устья, тем больше горизонтальное давление, передаваемое на нижележащую крепь ствола.

При больших углах наклона конического основания устья и при больших вертикальных давлениях, действующих на устье, в ряде случаев нормальной толщины шахтной крепи оказывается недостаточно для оказывания сопротивления действию горизонтальных (составляющих) усилий в сумме вместе с другими горизонтальными нагрузками, действующими на крепь. В этих

случаях рекомендуется переходить на двухступенчатые конструкции устьев.

Конструкции одноступенчатых бетонных устьев вертикальных стволов с плоским или коническим основанием рекомендуется применять в следующих условиях:

при сравнительно небольших вертикальных нагрузках, передаваемых на устье;

при наличии плотных грунтов у поверхности земли до глубины 5—8 м и залегании ниже их слабых обводненных пород, не допускающих возведения в них опорных венцов;

при отсутствии в устье проемов для вентиляционных и калориферных каналов;

при толщине крепи устьев, не превышающей 1,5—1,8 м и небольшой глубине заложения основания устья от поверхности земли (3—5 м);

при сравнительно небольших площадях поперечного сечения вертикальных стволов с диаметрами в свету до 5,5—6,0 м;

при проходке вертикальных стволов обычным способом, а также способом замораживания и под сжатым воздухом с неподвижной рабочей камерой.

Устья вертикальных стволов с коническим основанием при прочих равных условиях рекомендуется сооружать в горных породах, склонных к образованию плоскостей скольжения, а также при нагрузках, действующих на крепь устья под некоторым углом к вертикальной плоскости, что имеет место при опирании на крепь устья горнотехнических сооружений, подверженных действию больших ветровых нагрузок. Во всех остальных случаях, при сравнительно небольшом вертикальном давлении, целесообразнее применять конструкции устьев вертикальных стволов с плоским основанием.

Конструкции двухступенчатого устья вертикального ствола приведены на рис. 4.

В обоих рассматриваемых случаях устья бетонные, стволы круглого поперечного сечения, оборудованные одним двухскапным подъемом со скипами емкостью 2 т. По подъемным стволам выходит на поверхность струя отработанного воздуха.

На крепь обоих устьев опираются одинаковые подстанковые рамы копров, которые укрепляются анкерными болтами. Узел в месте опирания на устье подстанковой рамы копра приведен на рис. 5.

Конструкции рассматриваемых устьев вертикальных стволов отличаются одна от другой только основаниями и представляют бетонные двухступенчатые полые цилиндры с толщиной стенок верхних уступов 150 см, а нижних — 100 см.

На рис. 6 приведена конструкция двухступенчатого устья вертикального ствола с плоскими основаниями, которая отличается от аналогичной конструкции двухступенчатого устья (см. рис. 4, а) наличием вертикального среза со стороны машинного

здания, вызванного необходимостью сооружения фундаментов надшахтного здания, примыкающего непосредственно к крепи устья.

В данном случае стойки станка копра опираются не на подстанковую раму, как в предыдущих случаях, а на крепь устья,

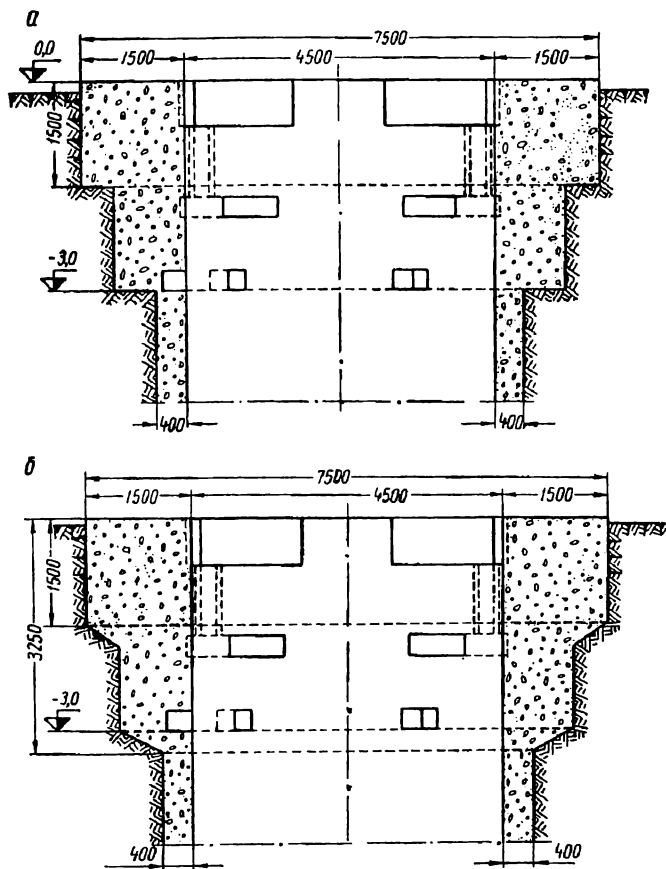


Рис. 4. Конструкции двухступенчатого устья:
а — с плоскими основаниями; *б* — с коническими основаниями

для чего в верхнем уступе устья оставляют колодцы размером $8 \times 8 \times 80$ см и армируют стальной арматурой диаметром 8 мм (рис. 7).

На рис. 8 представлена конструкция двухступенчатого устья вертикального ствола со смешанными основаниями: верхнее основание коническое, а нижнее основание плоское.

Рассмотренные выше конструкции двухступенчатых бетонных устьев вертикальных стволов, как имеющие большую площадь основания опирания по сравнению с конструкциями одноступенчатых устьев, имеют следующие основные преимущества:

допускают большие вертикальные нагрузки от опирающихся на устья горнотехнических сооружений;

позволяют при одной и той же глубине заложения нижнего основания устья и при больших нагрузках расходовать на сооружение устьев значительно меньшее количество бетона;

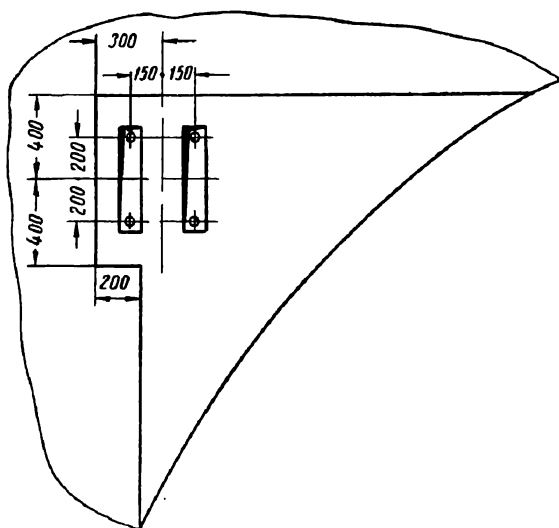


Рис. 5. Узел в месте опирания на устье подстанковой рамы копра

обеспечивают лучшую устойчивость бортов и меньший объем выемки горных пород по сравнению с одноступенчатыми устьями при той же глубине заложения.

К недостаткам двухступенчатых устьев вертикальных стволов по сравнению с одноступенчатыми следует отнести: более трудоемкое и сложное производство работ по возведению временной крепи в тех случаях, где она применяется, а также по выемке породы и подготовке оснований к бетонированию. Однако несколько большая трудоемкость указанных работ полностью перекрывается за счет уменьшения объемов работ по выемке породы и укладке бетона.

Конструкции двухступенчатых бетонных устьев вертикальных стволов с плоскими, коническими или смешанными основаниями рекомендуется применять при:

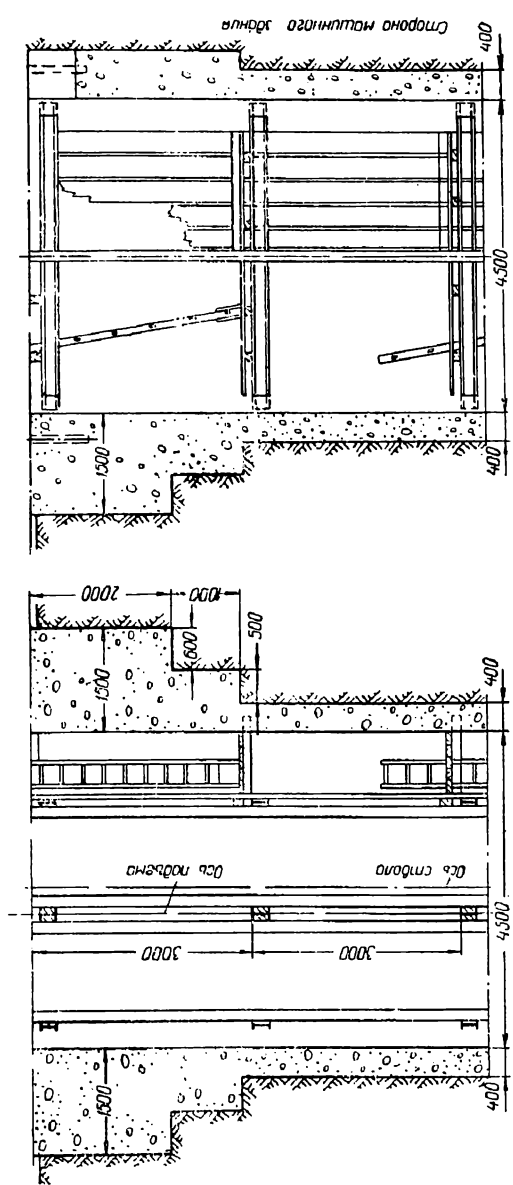


Рис. 6. Конструкция двухступенчатого устья с плоскими основаниями и вертикальным срезом первой ступени

больших вертикальных нагрузках, передаваемых на устья опирающимися на них горнотехническими сооружениями, когда толщина одноступенчатых устьев получается по расчету излишне большой;

наличии у поверхности земли плотных грунтов с удовлетворительной несущей способностью и слабых грунтов, залегающих ниже нижнего основания устья;

отсутствии в устьях проемов для вентиляционных и калориферных каналов;

сравнительно небольшой глубине заложения нижнего основания устья, не превышающей 3,5—5,0 м от поверхности земли;

сравнительно небольших диаметрах в свету вертикальных стволов, не превышающих 5,5—6,0 м.

Двухступенчатые бетонные устья с плоскими основаниями целесообразно сооружать в сравнительно плотных и сухих горных породах, не склонных к образованию плоскостей скольжения под действием на них вертикальных нагрузок.

Двухступенчатые бетонные устья вертикальных стволов с коническими основаниями рекомендуется сооружать во влажных горных породах, склонных к образованию плоскостей скольжения под действием вертикальных нагрузок.

Двухступенчатые бетонные устья вертикальных стволов со смешанными основаниями рекомендуется сооружать при наличии напластований горных пород у поверхности земли с различными характеристиками, из которых одни допускают образование плоскостей скольжения под действием вертикальных нагрузок, а другие — нет.

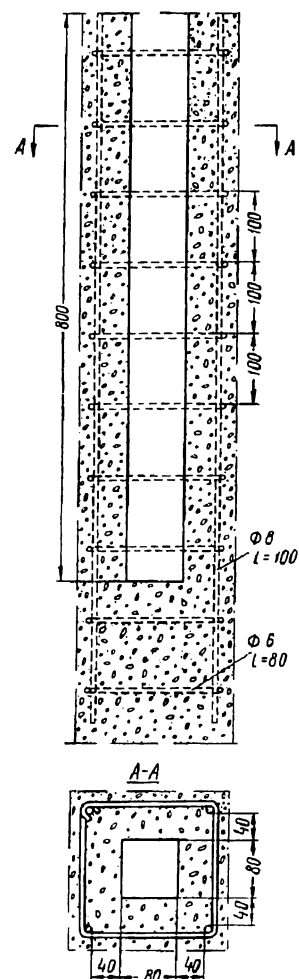


Рис. 7. Конструкция колодез для крепления стоек станка копра на устье

На рис. 9 и 10 представлены конструкции бетонных одновенцовых устьев вертикальных стволов с двухконическими опорными венцами, имеющими наибольшее применение в практике шахтного строительства угольной промышленности.

Рассматриваемые конструкции одновенцовых устьев представляют монолитные полые бетонные цилиндры с утолщениями в нижней части в виде двухконических опорных венцов, отличающиеся одна от другой геометрическими размерами, глубиной заложения, количеством и назначением проемов для каналов, а также конструкцией верхней части устья, служащей для опоры подстанковых или подкопровых рам.

Устье ствола, представленное на рис. 9 имеет: диаметр в свету 6 м, глубину заложения основания венца 5,2 м от поверхности земли, толщину бетонных стенок в верхней части

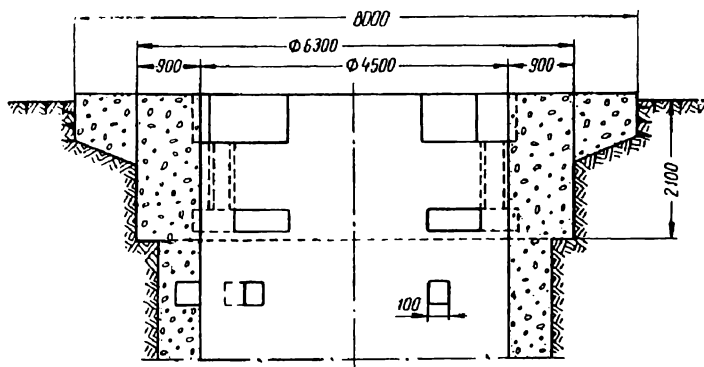


Рис. 8. Конструкция двухступенчатого устья с коническим и плоским основаниями

0,9 м, по венцу 1,9 м. В устье устраивается проем для калориферного канала сечением 1,8×1,8 м. В верхней части устья для подстанковых рам предусмотрены четыре проема, из которых два проема не являются симметричными и отличаются от двух других проемов размерами и расположением анкерных болтов.

Устье ствола, представленное на рис. 10, имеет диаметр в свету 5 м и глубину заложения основания венца 10 м от поверхности земли. Толщина бетонных стенок устья 1,0 м, а по венцу 2,0 м. В устье предусмотрены проемы для калориферного канала сечением 1,3×2,1 м и вентиляционного канала сечением 2,5×3,6 м. Нижняя отметка проема калориферного канала 4,4 м, а вентиляционного канала 8,2 м от поверхности земли.

Для восприятия изгибающих и растягивающих напряжений в верхней части вентиляционного и калориферного каналов при сооружении устьев закладываются железобетонные балки с двойной арматурой, а при большом сечении проемов они обрамляются по периметру железобетонной рамкой.

В верхней части одновенцового устья для укрепления подстанковой рамы копра предусмотрены четыре симметричных

проема с восемью анкерными болтами диаметром 36 мм в каждом проеме.

Проем с анкерными болтами для укрепления подстанковой рамы копра на устье приведен на рис. 11.

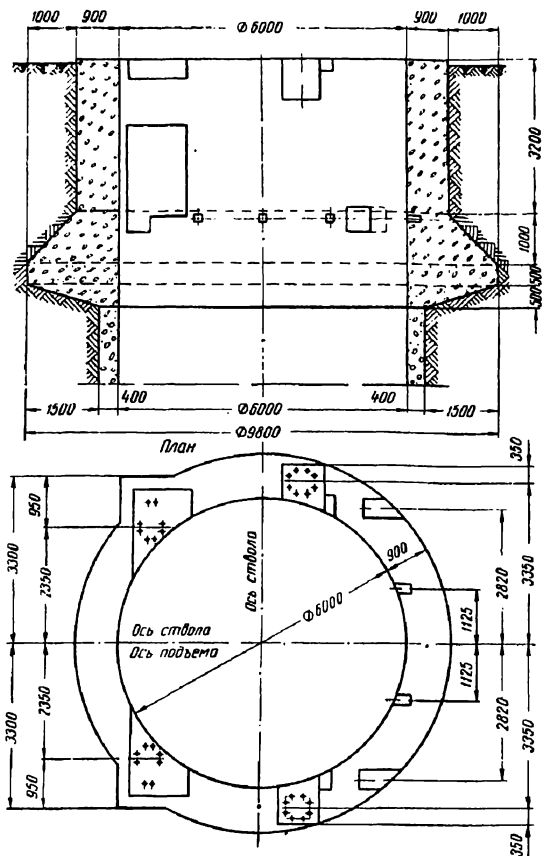


Рис. 9. Конструкция одновенцового устья при небольшой глубине заложения опорного венца

В некоторых конструкциях одновенцовых устьев вертикальных стволов, стойки надшахтных сооружений опираются непосредственно на бетонные выступы, устраиваемые в верхней части крепи устья. В этом случае верхняя часть одновенцового устья приобретает форму четырехугольника и для большей прочности армируется стальной арматурой.

Опираение стоек надшахтных сооружений на крепь устьев вертикальных стволов не рекомендуется и производится обычно

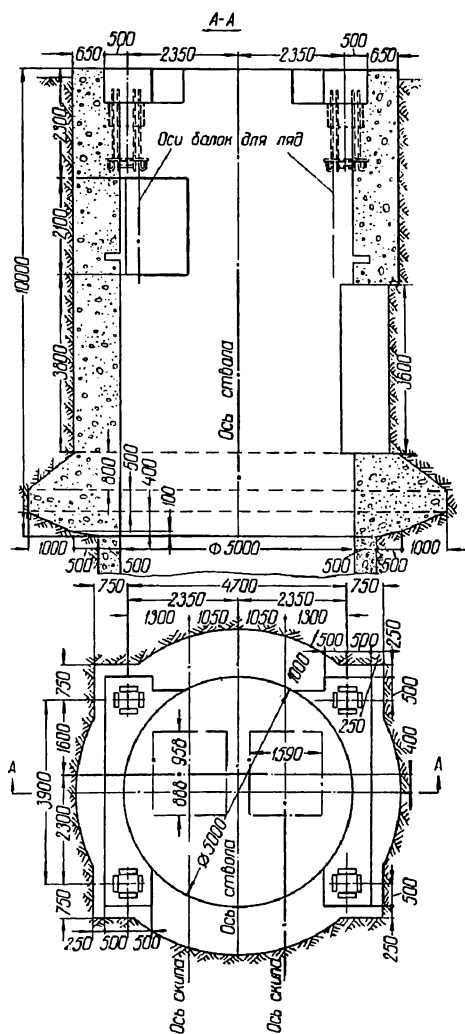


Рис. 10. Конструкция одноветцового устья при средней глубине заложения опорного венца

В тех случаях, когда невозможно для их опирания устроить самостоятельные фундаменты.

В последние годы, в связи с тенденцией объединения конструкций копров и надшахтных зданий в одну общую конструкцию в виде безукосных копров имеют место случаи одновременного опирания станков копров и совмещенных с ними стоек надшахтных зданий на устье ствола.

На рис. 12 приведена конструкция такого одновенцового устья вертикального ствола, служащего опорой как для подстанковых рам копра, так и для стоек надшахтного здания. Устье представляет монолитный полый бетонный цилиндр, имеющий в своей верхней части четыре выступа, образующих по внешнему контуру устья правильный четырехугольник, армированный круглой арматурной сталью диаметром 6 и 10 мм и арматурой периодического профиля диаметром 16, 20 и 28 мм, и оканчивающийся в нижней части кольцевым двухконическим венцом, передающим вертикальные нагрузки, действующие на устье, окружающим горным породам. Диаметр устья в свету 5,5 м, высота 12 м. Толщина бетонных стенок устья 1,0 м, по венцу 2,1 м. Объем бетона устья 268 м³. Расход арматурной стали 3417,5 кг.

Такая конструкция устья предназначена для стволов, оборудованных двумя подъемами: одним двухскиповым для угля и одним односкиповым для породы. Для вентиляционного канала в

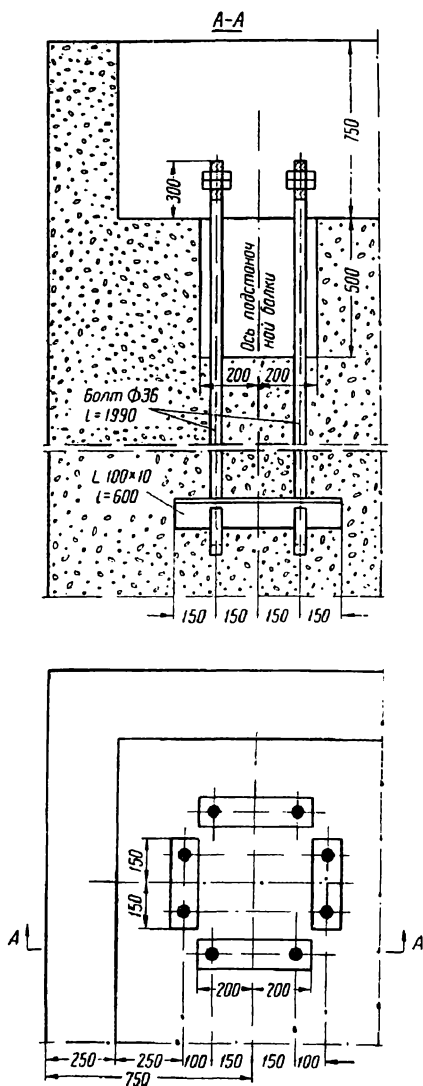


Рис. 11. Проем с анкерными болтами для укрепления подстанковой рамы копра на устье

устье предусмотрен проем сечением $2,9 \times 4,5$ м. Верх вентиляционного проема армирован горячекатаной арматурой периодического профиля диаметром $\varnothing 20$ мм.

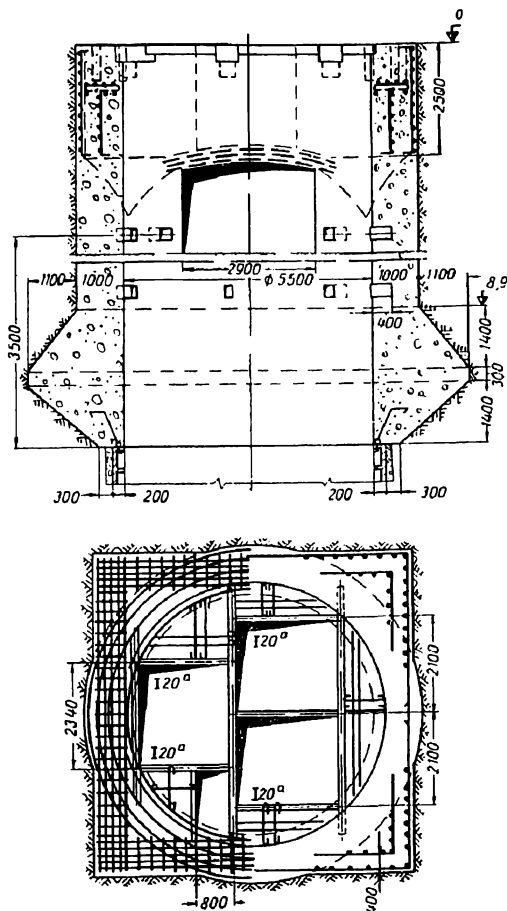


Рис. 12. Конструкция одновенцового устья с верхней четырехугольной частью, армированной сталью

Одновенцовые устья вертикальных стволов по сравнению с другими конструкциями устьев вертикальных стволов имеют следующие преимущества:

простую конструкцию, большую экономичность, наименьшую трудоемкость и наименьший расход материалов на их сооружение;

допускают любые вертикальные нагрузки от опирающихся на устья горнотехнических сооружений: копров или их станков, стоек приемных бункеров, стоек надшахтных зданий и др.;

допускают устройство проемов для каналов различного назначения: вентиляционных, калориферных, трубных и других; не загромождают на поверхности площади вокруг ствола.

Указанные преимущества конструкции одновенцовых устьев вертикальных стволов обеспечили им в последние годы повсеместное распространение в шахтном строительстве во всех угольных районах, где сравнительно неглубоко от поверхности земли (6—12 м) залегают плотные породы.

При более глубоком залегании плотных пород от поверхности земли, превышающем 12—15 м, следует переходить, во избежание аварий при проходке, на двухвенцовые и ступенчатодвухвенцовые конструкции устьев вертикальных стволов.

К недостаткам конструкции одновенцовых устьев вертикальных стволов следует отнести:

невозможность их сооружения в сравнительно слабых горных породах;

трудность возведения двухконических опорных венцов;

необходимость применения при сооружении устьев временной крепи;

производство работ по сооружению устьев закрытым способом.

Исходя из накопленного опыта конструирования, строительства и эксплуатации одновенцовых устьев вертикальных стволов, их сооружение следует рекомендовать при:

различных вертикальных нагрузках (от малых до весьма больших), передаваемых на устья опирающимися на них горнотехническими сооружениями;

различных диаметрах вертикальных стволов, начиная от малых 4,0—4,5 м и до больших 7,0—8,0 м и более в свету;

опирании на устья горнотехнических сооружений: копров или их станков, стоек приемных бункеров, стоек надшахтного здания и других сооружений;

необходимости расположения в устьях проемов для любых каналов: вентиляционных, калориферных, трубных, кабельных и др.;

возможности заложения венца устья в плотных или прочных коренных породах на глубине 6—12 м от поверхности земли.

Применение одновенцовых устьев также целесообразно при башенных копрах для многоканатного подъема.

Сооружение одновенцовых устьев вертикальных стволов ограничивается лишь наличием слабых горных пород, не дающих возможности заложить опорный венец на глубине 6—12 м. И только в этом случае следует отказываться от одновенцовых устьев и переходить на другие конструкции устьев вертикальных стволов.

На рис. 13 представлена конструкция бетонного двухвенцового устья вертикального ствола с двумя двухконическими венцами, проходящего в слабых породах плавунного характера.

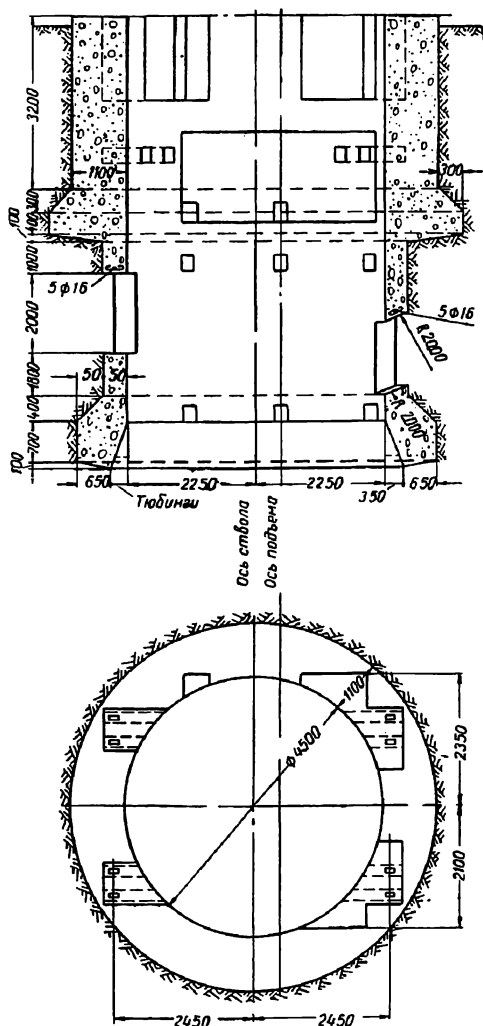


Рис. 13. Конструкция двухвенцового устья

Диаметр устья в свету 4,5 м. Такая конструкция устья предназначена для вентиляционного ствола, закрепленного сборной железобетонной тюбинговой крепью. Ствол оборудован одним двухклетевым подъемом с обыкновенными одноэтажными кле-

тями на однотонную вагонетку с глухим кузовом и лестничным отделением. Двухвенцовое устье вертикального ствола представляет как бы два полых бетонных толстостенных цилиндра с кольцевыми выступами (венцами) в нижней части, поставленные один на другой. Высота верхнего звена устья 4,0 м. Толщина бетонных стенок верхнего звена 1,1 м, по венцу 1,4 м. Высота нижнего звена устья 6,0 м. Толщина бетонных стенок нижнего звена 0,5 м, по венцу 1,0 м. Общая высота устья от его верхней отметки до подошвы нижнего венца 10 м. В нижнем венце устья предусмотрены два проема: один размером 2,0×2,7 м для вентиляционного канала, а другой размером 2,0×2,0 м для запасного выхода. В верхней части устья предусмотрены четыре проема для установки в них подстанковых балок копра, которые укрепляются в крепи устья анкерными болтами.

Преимуществом двухвенцовых устьев вертикальных стволов по сравнению с одновенцовыми устьями является возможность их сооружения в более слабых горных породах и на большую глубину (15—20 м). Двухвенцовые устья вертикальных стволов, также целесообразны с точки зрения производства работ по их сооружению, так как при этом возможно проходить и крепить устье в слабых наносах более короткими участками и избежать тем самым аварий, связанных с большой высотой звена на временной крепи.

На рис. 14 приведена конструкция одноступенчатовенцового устья вертикального ствола с коническим основанием. Диаметр в свету 4,5 м. Такое устье предназначено для ствола, оборудованного двухконцевым подъемом с клетями на однотонную вагонетку и лестничным отделением. Конструкция одноступенчатовенцового устья представляет бетонный полый толстостенный цилиндр с уширенными кольцевыми выступами в верхней и нижней частях. Кольцевой выступ в верхней части устья выполнен в виде ступени с коническим основанием (может быть и с плоским основанием) высотой 3,5 м, с толщиной стенок 1,5 м. Кольцевой выступ в нижней части устья представляет двухконический опорный венец высотой 1,5 м и толщиной 1,0 м. Общая высота одноступенчатовенцового устья вертикального ствола 11,5 м, толщина стенок цилиндрической части устья 0,4 м. Материал крепи — бетон марки 150—200. В верхней части крепи устья предусмотрены два симметричных проема для установки подстанковой рамы копра, укрепляемой в крепи устья анкерными болтами.

Конструкция одноступенчатовенцовых устьев вертикальных стволов целесообразна для замены конструкций одновенцовых устьев вертикальных стволов (см. рис. 9, 10, 12) с бетонными выступами в верхней части для удобства монтажа и заделки подстанковых балок и рам, так как при одноступенчатовенцовых устьях заделку подстанковых балок и рам можно осуществлять

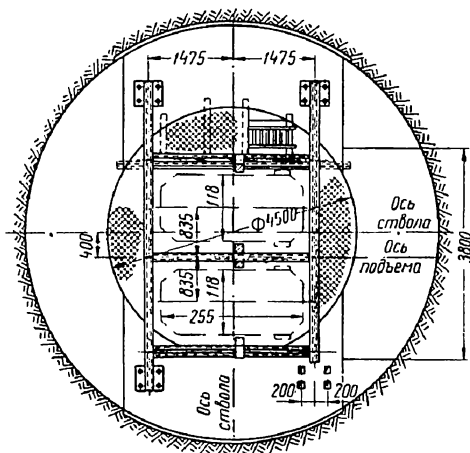
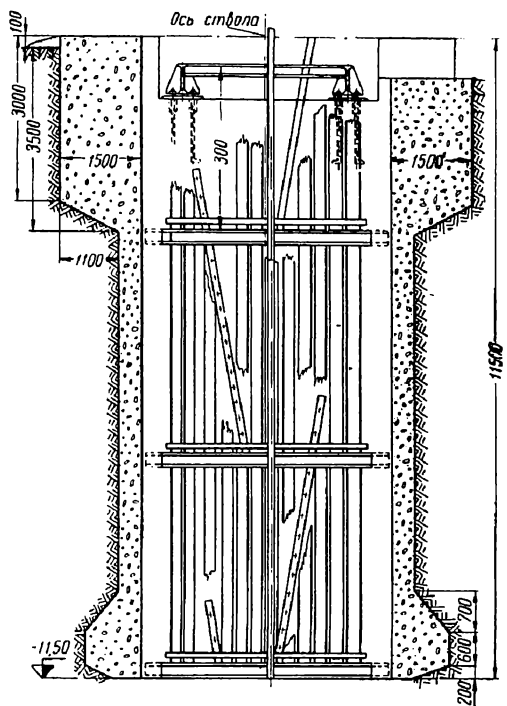


Рис. 14. Конструкция одноступенчатого устья

в кольцевом уступе устья, не устраивая специальных бетонных выступов. При некотором сравнительно небольшом перерасходе бетона, это позволяет отказаться от устройства сложной опалубки для бетонных выступов одновенцового устья и осуществлять дальнейшую проходку устья без применения основной рамы, производя подвеску крючьев временной крепи к сооруженному открытым способом бетонному верхнему уступу устья.

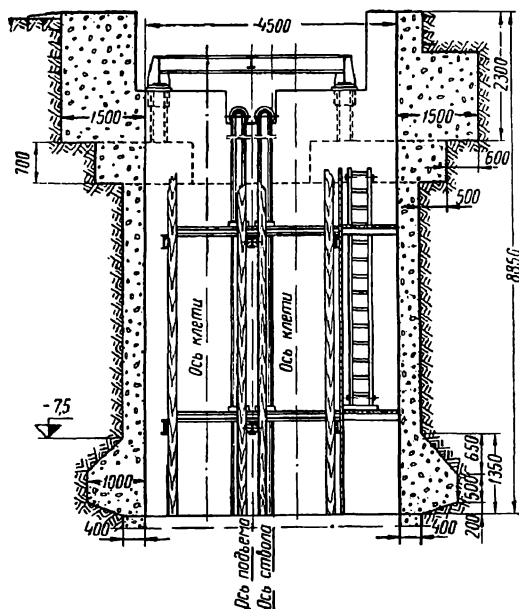


Рис. 15. Конструкция двухступенчатовенцового устья

Указанная конструкция устья рациональна также при применении для проходки ствола постоянного копра.

На рис. 15 приведена конструкция двухступенчатовенцового устья вертикального ствола диаметром 4,5 м, оборудованного двухконцевым подъемом с обыкновенными клетями на однотонную вагонетку и лестничным отделением. Эта конструкция устья отличается от конструкции одноступенчатовенцового устья наличием двухступенчатого верхнего уступа с плоскими основаниями, устройством проемов и несколько иными геометрическими размерами.

Ступенчатовенцовые устья вертикальных стволов являются универсальными. Они обладают всеми достоинствами ступенчатых и венцовых устьев и кроме этого по сравнению с венцовыми имеют еще следующие преимущества:

допускают большие вертикальные нагрузки при сооружении устьев в слабых горных породах;

· позволяют более рационально размещать и заделывать под-
станковые балки и рамы копра без устройства в верхней части устьев специальных выступов;

позволяют сооружать устья закрытым способом без применения основных рам-шаблонов.

Эти преимущества должны обеспечить широкое распространение в практике шахтного строительства ступенчатовенцовых (особенно одноступенчатовенцовых) конструкций устьев вертикальных стволов.

6. Конструкции устьев вертикальных стволов, проходимых специальными способами

До Великой Отечественной войны устья вертикальных стволов, проходимых специальными способами, проектировались индивидуально и резко отличались от устьев вертикальных стволов, проходимых обычным способом. В послевоенный период устья вертикальных стволов, проходимых специальными способами, проектируются и сооружаются в зависимости от действующих на них при эксплуатации нагрузок, т. е. так же как и устья стволов, проходимых обычным способом, но с соответствующим приспособлением их для проходки стволов тем или иным специальным способом.

Для вертикальных стволов, проходимых специальными способами, можно выделить три основных вида устьев.

1. Обыкновенные устья, применяемые при проходке стволов обычным способом, которые также могут быть широко использованы при проходке вертикальных стволов с тампонированием или водопонижением, а также под сжатым воздухом с неподвижной рабочей камерой. Эти способы проходки стволов не требуют специального приспособления устьев для проходческих целей; при этом могут применяться ступенчатые, венцовые и ступенчатовенцовые устья вертикальных стволов (см. рис. 3, 4, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15).

2. Обыкновенные устья с увеличенным диаметром в свету (по сравнению с диаметром ствола), обеспечивающие опускание, погружение или задавливание внутри них крепи вертикальных стволов, проходимых бурением, с применением опускной или вертикальной забивной крепи, а также под сжатым воздухом с подвижной рабочей камерой.

При проходке вертикальных стволов указанными специальными способами целесообразней применять венцовые и ступенчатовенцовые конструкции устьев аналогичные конструкции, представленной на рис. 16.

3. Обыкновенные устья того же диаметра в свету, что и стволы, но с галереями вокруг них для размещения оборудо-

вания, необходимого при проходке вертикальных стволов способом замораживания пород (рис. 17).

При этом способе целесообразнее применять венцовые конструкции устьев стволов. При других конструкциях загромождается пространство вокруг ствола, что вызывает неудобство

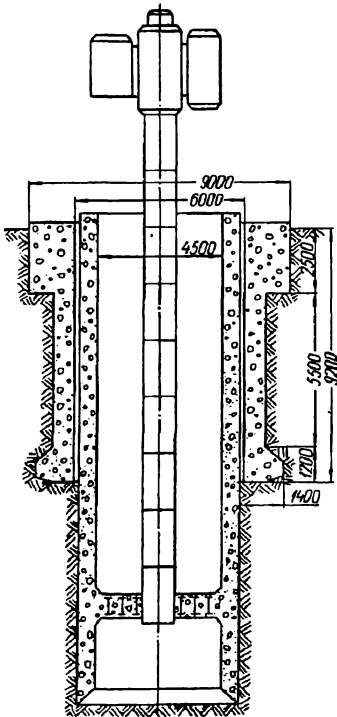


Рис. 16. Конструкция устья для проходки ствола под сжатым воздухом с подвижной рабочей камерой

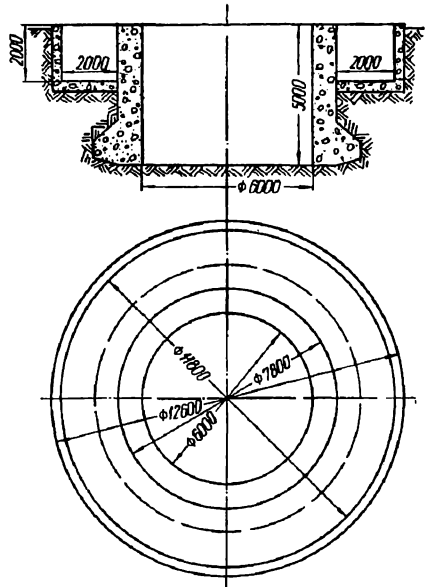


Рис. 17. Конструкция устья при проходке ствола способом замораживания пород

в расположении замораживающих скважин. Кроме того, при больших размерах ступенчатых или ступенчатовенцовых устьев увеличивается число замораживающих скважин и время на замораживание горных пород.

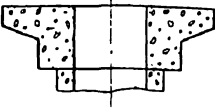
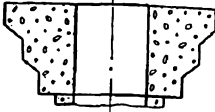
7. Классификация конструкций устьев вертикальных стволов

На основе рассмотрения и анализа существующих конструкций, устья вертикальных стволов круглой формы поперечного сечения можно разбить на четыре основные группы:

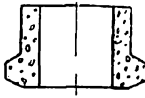
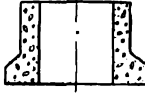
- I группа — ступенчатые устья;
- II группа — венцовые устья;

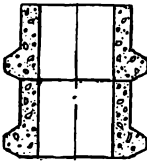
Таблица 1

Тип конструкции устья	Схема конструкции	Условия применения
I группа. Ступенчатые устья		
Одноступенчатое с плоским основанием		<p>При сравнительно небольших вертикальных нагрузках, действующих на устье, при наличии плотных грунтов у поверхности земли, при отсутствии в устье каналов, при небольшой глубине заложения основания устья, не превышающей 3—5 м от поверхности земли и при сравнительно небольшой площади поперечного сечения стволов (диаметр в свету 5,5—6,0 м)</p>
Одноступенчатое с коническим основанием		
Двухступенчатое с плоскими основаниями		<p>При средних вертикальных нагрузках, действующих на устье, при наличии плотных грунтов у поверхности земли, при отсутствии в устье каналов, при небольшой глубине заложения нижнего основания устья, не превышающей 3,5—5 м от поверхности земли и при сравнительно небольшой площади поперечного сечения стволов (диаметр в свету 5,5—6,0 м)</p>
Двухступенчатое с коническими основаниями		
Трехступенчатое с плоскими основаниями		<p>При больших вертикальных нагрузках, действующих на устье, при наличии слабых грунтов у поверхности земли, при отсутствии в устье каналов, при сравнительно небольшой глубине заложения нижнего основания устья, не превышающей 5,0—6,0 м от поверхности земли и при сравнительно небольшой площади поперечного сечения стволов (диаметр в свету 5,5—6,0 м)</p>
Трехступенчатое с коническими основаниями		

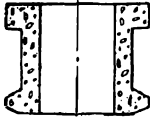
Тип конструкции устья	Схема конструкции	Условия применен
Двухступенчатое с коническим и плоским основаниями		В тех же условиях, что и конструкции двухступенчатых или трехступенчатых устьев с плоскими и коническими основаниями и при наличии напластовани горных пород с различными характеристиками, из которых: одни допускают образование плоскостей скольжения, а другие нет
Трехступенчатое с коническим и плоским основаниями		

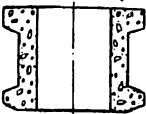
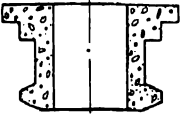
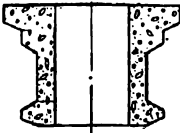
II группа. Венцовые устья

Одновенцовое с двухконическим венцом		При любых вертикальных нагрузках, действующих на устье, при любом диаметре стволов, при наличии в устье вентиляционных, калориферных и других каналов, при наличии прочных горных пород, залегающих на глубине $\delta=15,0$ м от поверхности земли и при возможности заложения основного венца в указанных породах
Одновенцовое с одноконическим венцом		

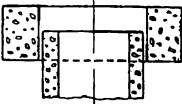
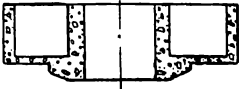
Двухвенцовое с двухконическими венцами		При сравнительно небольших и средних вертикальных нагрузках, при любом диаметре стволов, при наличии в устье каналов и при сооружении устьев в горных породах со сравнительно небольшой несущей способностью
--	--	--

III группа. Ступенчатовенцовые устья

Одноступенчатовенцовое с плоским основанием ступени и двухконическим венцом		В тех же условиях, что и конструкции одновенцовых устьев с опорами на них горнотехнических сооружений,
---	---	--

Тип конструкции устья	Схема конструкции	Условия применения
Однуступенчатовенцовое с коническим основанием ступени с двухконическим венцом		выходящих за пределы поперечного сечения цилиндрической части устья
Двухступенчатовенцовое с плоскими основаниями ступеней и двухконическим венцом		При любых вертикальных нагрузках, действующих на устье, при наличии в устье вентиляционных и калориферных каналов, и при сооружении устьев в слабых горных породах
Двухступенчатовенцовое с коническими основаниями ступеней и двухконическим венцом		

IV группа. Специальные устья вертикальных стволов

Устья с увеличенным диаметром в свету		В тех же условиях, что и устья I, II и III групп, при проходке стволов бурением, с применением опускной и вертикальной металлической забивной крепи, под сжатым воздухом с подвижной рабочей камерой
Устья с галереями вокруг них для размещения оборудования		В тех же условиях, что и устья II группы, при проходке стволов способом замораживания

Примечание. Плоские основания устьев применяются в горных породах, не имеющих склонности к образованию плоскостей скольжения.

Конические основания устьев применяются в горных породах, склонных к образованию плоскостей скольжения.

III группа — смешанные ступенчатовенцовые устья;

IV группа — специальные устья.

В свою очередь, каждая из первых трех указанных групп подразделяется на подгруппы, а подгруппы на типы. Четвертая группа подразделяется сразу на типы устьев для стволов, проходимых специальными способами.

Конструкции устьев прямоугольного сечения не рассматриваются, так как такие устья не находят применения в шахтном строительстве угольной промышленности за последние десять лет.

I группа (ступенчатые устья) подразделяются на три подгруппы: одноступенчатые, двухступенчатые и многоступенчатые устья.

По типу оснований первая подгруппа устьев подразделяется на устья с плоским и коническим основанием.

Вторая и третья подгруппы по типу оснований подразделяются на устья со смешанными, плоскими и коническими основаниями.

II группа (венцовые устья) подразделяется на две подгруппы: венцовые и двухвенцовые устья.

По типу венцов (оснований) каждая из указанных подгрупп подразделяется на устья с одноконическими и двухконическими венцами.

III группа (смешанные ступенчатовенцовые устья) подразделяется на две подгруппы: одноступенчатые и двухступенчатодвухвенцовые устья.

По типу оснований обе подгруппы в свою очередь подразделяются на устья с плоскими основаниями с одноконическими и двухконическими венцами; устья с коническими основаниями с одноконическими и двухконическими венцами.

IV группа (специальные устья) в зависимости от специальных способов проходки стволов подразделяется на:

устья с увеличенным диаметром в свету;

устья с галереями вокруг них для размещения оборудования.

На основе изложенного в табл. 1 приведена классификация современных конструкций устьев вертикальных стволов угольных шахт.

Глава II.

РАСЧЕТ КРЕПИ УСТЬЕВ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ

1. Предварительные замечания

Определение истинных нагрузок, действующих на крепь устьев вертикальных стволов и расчет крепи представляет трудную и сложную задачу, для решения которой ни в нашей отечественной, ни в иностранной технической литературе не создано общепринятой теории и методов расчета.

До последнего времени в практике проектирования и строительства шахт конструкции устьев вертикальных стволов и размеры крепи устьев устанавливались, как правило, эмпирически на основе накопленного опыта проектирования и строительства в отдельных угольных бассейнах. Такая практика приводила часто или к завышению размеров крепи устьев и удорожанию стоимости строительства, или к занижению размеров крепи устьев, что приводило в свою очередь к ее деформации и даже разрушению, т. е. к еще большему удорожанию стоимости строительства.

Вопросы определения нагрузок, действующих на устья вертикальных стволов, и изыскание соответствующих им методов расчета неоднократно привлекали внимание инженерно-технических работников, работающих в области проектирования и строительства шахт, которыми выдвигались различные предложения по конструкции крепи устьев, действующим на них нагрузкам и методам их расчета. Однако рассчитанная по этим нагрузкам и методам крепь устьев имела столь малые — практически неприемлемые поперечные размеры, что указанные методы не нашли применения в практике проектирования и строительства.

При проектировании и расчете устьев вертикальных стволов должны быть возможно полнее учтены все вертикальные и горизонтальные нагрузки, действующие на них при строительстве и эксплуатации.

Ниже излагается метод расчета устьев вертикальных стволов, в который, наряду с общеизвестными положениями строительной механики, вошли некоторые решения автора, публикуемые впервые.

2. Вертикальные и горизонтальные нагрузки, действующие на крепь устьев

На крепь устьев вертикальных стволов одновременно действуют вертикальные и горизонтальные нагрузки.

Вертикальные нагрузки имеют большее значение по сравнению с горизонтальными в связи с чем расчет крепи устьев производится на действие вертикальных нагрузок с последующей проверкой поперечных размеров ее на действие горизонтальных нагрузок.

Вертикальные нагрузки. Проектирование и расчет крепи устьев вертикальных стволов желательно производить после того, как будут спроектированы горнотехнические сооружения, опирающиеся на устье.

Вертикальной расчетной нагрузкой, действующей на крепь устья, будет сумма максимальных опорных давлений, передаваемых на нее подстанковой рамой копра и опорами горнотехнических сооружений при самых невыгодных комбинациях нагрузок, действующих на них, плюс собственный вес крепи устья.

Вертикальная расчетная нагрузка, действующая на крепь устья, может быть написана в виде

$$P_p = \mu \Sigma P + Q_y, \quad (1)$$

где μ — коэффициент перегрузки; $\mu = 1,2 - 1,4$;
 $\Sigma P = P_1 + P_2 + \dots$ — сумма вертикальных давлений, передаваемых опорами горнотехнических сооружений на крепь устья, m ;

Q_y — собственный вес крепи устья, m .

Горизонтальные нагрузки. Проверка прочности крепи устья производится на наиболее невыгодную комбинацию горизонтальных давлений, действующих на нее.

К горизонтальным давлениям относятся (T/m^2):

давление окружающих горных пород — q_1 ;

гидростатическое давление грунтовых вод — q_2 ;

давление грунта от влияния соседних фундаментов — q_3 .

В соответствии с изложенным горизонтальная расчетная нагрузка, действующая на крепь устья может быть выражена в виде

$$q = \mu' (q_1 + q_2 + q_3), \quad (2)$$

где μ' — коэффициент перегрузки, $\mu' = 1,2 - 1,4$.

Помимо проверки прочности крепи устья на горизонтальную расчетную нагрузку также должна быть проверена основная крепь ствола, лежащая под нижним основанием крепи устья. Очень часто давление на эту крепь от влияния основания устья бывает значительным и для уменьшения его крепь устьев стволов или делают ступенчатой формы (двухступенчатые и трехступенчатые конструкции устьев), или толщина крепи первого звена ствола принимается той же, что и крепь устья.

Ниже подробно рассматриваются характер и величины отдельных горизонтальных нагрузок, действующих на крепь устьев, а также методы их определения.

3. Давление горных пород на крепь устья

Интенсивность горизонтального давления горных пород (грунтов), действующего на крепь устья (рис. 18) определяется по общеизвестной формуле

$$q_1 = \gamma h \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right), \quad (3)$$

где γ — объемный вес горных пород, t/m^3 ;
 h — глубина заложения устья от поверхности земли, m ;
 φ — угол внутреннего трения горных пород, град.

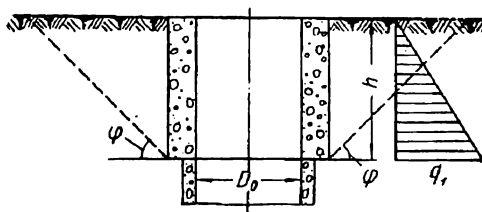


Рис. 18. Схема к определению давления грунта на крепь устья

В табл. 2 приведены объемные веса и углы внутреннего трения некоторых горных пород (грунтов) в зависимости от степени влажности, которые следует принимать при отсутствии данных испытания грунтов.

Величину коэффициента горизонтального распора $\operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$ при расчетах, в зависимости от угла внутреннего трения φ , рекомендуется принимать по данным табл. 3.

Если горные породы, окружающие устье обводнены, то необходимо кроме горного давления еще учитывать гидростати-

Таблица 2

Грунты	Сухие и естественной влажности			Очень влажные и мокрые			Мокрые до насыщения, покрытые водой		
	φ, град.	γ, т/м ³	Допустимое давление, т/м ²	φ, град.	γ, т/м ³	Допустимое давление, т/м ²	φ, град.	γ, т/м ³	Допустимое давление, т/м ²
<i>I. Разные грунты</i>									
Ил	30	1,6	10	25	1,7	5	15	1,8	—
Торф	35	0,4	10	30	0,6	5	25	0,8	—
Растительная земля, чернозем	40	1,5	10	33	1,7	5	25	1,8	—
Плотно слежавшаяся растительная земля	45	1,7	15	35	1,8	7	—	—	—
<i>II. Глинистые грунты</i>									
Слабый глинистый грунт и суглинок с включением ила . .	40	1,5	10	27	1,7	5	20	1,8	—
Глинистый грунт и суглинок средней плотности	40	1,6	25	30	1,7	20	25	1,9	15
Плотная глина и суглинок	45	1,8	30	35	1,8	22	25	1,9	20
Лёсс	45	1,6	25	—	—	—	—	—	—
Мергель средней плотности	45	1,8	45	40	1,8	35	35	1,9	30
Твердый глинистый грунт	45	1,9	50	37	1,9	40	35	2,0	35
<i>III. Песчаные грунты</i>									
Мелкий песок с примесью ила	40	1,6	10	25	1,7	7	20	1,9	5
Чистый мелкий песок	40	1,7	15	27	1,8	10	22	2,0	5
Плотно слежавшийся мелкий песок	45	1,8	20	30	1,9	15	25	2,0	10
Песок средней крупности	45	1,9	25	33	1,9	20	27	2,0	15
Крупный слежавшийся песок	45	1,8	45	33	1,9	40	27	2,0	35
Гравелистый песок	37	1,8	35	33	1,8	30	27	1,9	25
Плотно слежавшаяся галька средней крупности	40	1,8	50	35	1,8	40	27	1,9	35
Крупная плотно слежавшаяся галька	40	1,9	60	35	1,9	50	—	—	—
Плотно цементированная галька	45	2,0	80	37	2,0	60	—	—	—

Таблица 3

φ , град.	$45^\circ - \frac{\varphi}{2}$	$\operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)$	$\operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)$	$\operatorname{tg}'\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)$
15	37°30'	0,767	0,588	0,346
16	37°	0,754	0,569	0,324
17	36°30'	0,740	0,548	0,300
18	36°	0,727	0,529	0,280
19	35°30'	0,714	0,508	0,258
20	35°	0,700	0,490	0,240
21	34°30'	0,687	0,472	0,223
22	34°	0,675	0,456	0,208
23	33°30'	0,662	0,438	0,192
24	33°	0,649	0,421	0,177
25	32°30'	0,637	0,406	0,165
26	32°	0,625	0,391	0,153
27	31°30'	0,613	0,376	0,141
28	31°	0,601	0,361	0,130
29	30°30'	0,589	0,347	0,120
30	30°	0,577	0,333	0,111
31	29°30'	0,566	0,320	0,102
32	29°	0,554	0,307	0,094
33	28°30'	0,543	0,295	0,087
34	28°	0,532	0,283	0,080
35	27°30'	0,521	0,271	0,073
36	27°	0,510	0,260	0,068
37	26°30'	0,499	0,249	0,062
38	26°	0,488	0,238	0,057
39	25°30'	0,477	0,228	0,052
40	25°	0,466	0,217	0,047
41	24°30'	0,456	0,208	0,043
42	24°	0,445	0,198	0,039
43	23°30'	0,436	0,189	0,036
44	23°	0,424	0,180	0,032
45	22°30'	0,414	0,171	0,029

ческое давление воды, находящейся в порах и пустотах грунта, которое может быть определено из выражения

$$q_2 = \gamma_w (h - h'), \quad (4)$$

где γ_w — удельный вес воды, находящейся в порах и пустотах грунта, m/m^3 ;

h' — расстояние от поверхности земли до уровня грунтовых вод, m .

Если устье окружают весьма слабые обводненные горные породы плавунного характера, то величину их горизонтального горного давления необходимо определять, как для тяжелой жидкости по формуле

$$q_2' = \gamma_n h_n, \quad (5)$$

где γ_n — объемный вес плывунов, $\gamma_n = 1,6 - 1,8 m/m^3$;

h_n — высота слоя плывунов, m .

4. Давление на крепь устья от влияния соседних фундаментов

Для определения давления на крепь устья от влияния соседних фундаментов рассматриваем ее как подпорную стенку высотой AB (рис. 19), на которую давит призма грунта ABC , нагруженная фундаментом $NEDM$. Для определения величины горизонтального давления на крепь устья, передаваемого грунтом от соседнего фундамента, предварительно определим давление на 1 м длины плоскости EF , рассматривая ее, как подпорную стенку. На плоскость EF давит призма грунта EFD , нагруженная фундаментом $NEDM$. Вертикальное давление, передаваемое основанием фундамента на призму грунта EFD , удобно заменить высотой столба грунта H_0 эквивалентной действующей нагрузке на 1 м основания фундамента, которая будет

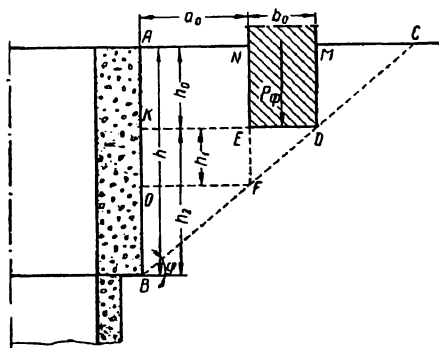


Рис. 19. Схема к определению давления на крепь устья от влияния соседних фундаментов

ствующей нагрузке на 1 м основания фундамента, которая будет

$$H_0 = \frac{P_\phi}{\gamma b_0}, \quad (6)$$

где P_ϕ — нагрузка на 1 м длины фундамента, т;
 γ — объемный вес грунта, т/м³;
 b_0 — ширина фундамента, м.

Из механики грунтов* известно, что в этом случае давление на 1 м длины стенки EF высотой h_1 определяется по формуле

$$R_0 = \frac{1}{2} \gamma (h_1^2 + 2H_0 h_1) \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right). \quad (7)$$

Из подобия треугольников EDF и KDB (рис. 19) имеем

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{b_0}{a_0 + b_0}, \quad (8)$$

откуда

$$h_1 = \frac{b_0}{a_0 + b_0} h_2. \quad (9)$$

* Цытович Н. А. Механика грунтов. Стройиздат, 1951

Подставляя значение h_1 из выражения (9) в равенство (7), после преобразований получим

$$R_0 = \frac{\gamma b_0}{2(a_0 + b_0)^2} [b_0 h_2^2 + 2H_0(a_0 + b_0)h_2] \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right). \quad (10)$$

Полагая, что эпюра давления на 1 м крепи устья высотой AB представляет некоторую фигуру (рис. 20), площадь которой равна полному давлению R_0 , определим бесконечно малую величину этого давления, приходящуюся на элементарную высоту крепи устья dh_2

$$dR_0 = q_3 dh_2.$$

Откуда, интенсивность горизонтального давления на крепь устья от влияния соседнего фундамента будет

$$q_3 = \frac{dR_0}{dh_2}. \quad (11)$$

Подставив в полученное равенство (11) значение R_0 из выражения (10) и дифференцируя его по dh_2 найдем интенсивность горизонтального давления на крепь устья от влияния соседнего фундамента

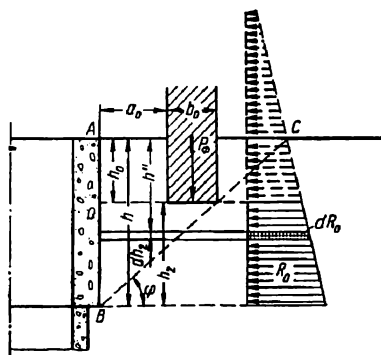


Рис. 20. Эпюра давления на крепь устья от влияния соседних фундаментов

$$q_3 = \gamma h_2 \frac{b_0^2}{(a_0 + b_0)^2} \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) + \gamma H_0 \frac{b_0}{a_0 + b_0} \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right). \quad (12)$$

В этом равенстве первый член правой части выражает давление на устье от влияния призмы грунта EFD , находящейся под фундаментом, а второй член правой части — давление на крепь устья от влияния соседнего фундамента.

Отбросив первый член правой части равенства (12), [так как это давление нами ранее уже полностью учтено при определении давления грунта на крепь устья по формуле (3)], окончательно получим выражение для определения давления на крепь устья от влияния соседних фундаментов

$$q_3 = \gamma H_0 \frac{b_0}{a_0 + b_0} \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right). \quad (13)$$

где γ — объемный вес грунта, $т/м^3$;

b_0 — ширина фундамента, $м$;

H_0 — высота столба грунта, эквивалентная нагрузке, действующей на $1 м$ длины основания фундамента, $м$;

φ — угол внутреннего трения грунта, град.;

a_0 — расстояние от фундамента до устья ствола, $м$.

По этой формуле рекомендуется определять давление на крепь устьев вертикальных стволов от влияния соседних фундаментов.

5. Давление на нижележащую крепь ствола от влияния основания устья

На верхний участок крепи ствола, лежащий ниже основания устья, будет передаваться дополнительное давление от основания крепи устья. При этом основание крепи устья передает

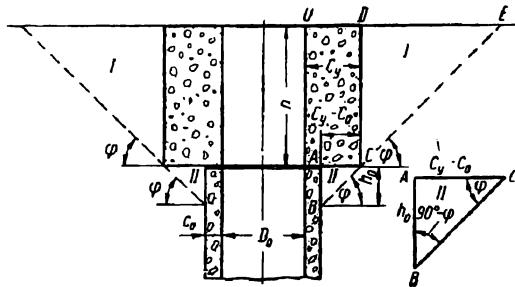


Рис. 21. Схема к определению давления на крепь ствола от влияния основания устья

действующее на него вертикальное давление нижележащим горным породам, а последние передают это давление на нижележащую крепь ствола.

Для определения этого давления рассматриваем верхний участок крепи ствола, лежащий под основанием устья, как подпорную стенку, на которую давит грунт с углом внутреннего трения φ (рис. 21). На крепь ствола, лежащую под основанием устья, давит призма грунта II (ABC), нагруженная крепью устья ACDU. Считаем, что последняя не связана с крепью ствола и между ними оставлен осадочный шов.

Вертикальное давление на $1 м^2$ площади основания крепи устья, опирающейся на грунт, можно выразить как

$$q_4 = \frac{P_p}{F_{гр}}, \quad (14)$$

где P_p — расчетная нагрузка, действующая на основание устья, $т$;

$F_{гр}$ — площадь основания крепи устья, опирающейся на грунт, $м$.

Для дальнейших выводов удобно заменить нагрузку, действующую на призму грунта II от основания крепи устья, эквивалентным слоем грунта высотой равной H (рис. 22). Высота столба грунта, эквивалентная действующему давлению, определится путем приравнивания давления на единицу поверх-

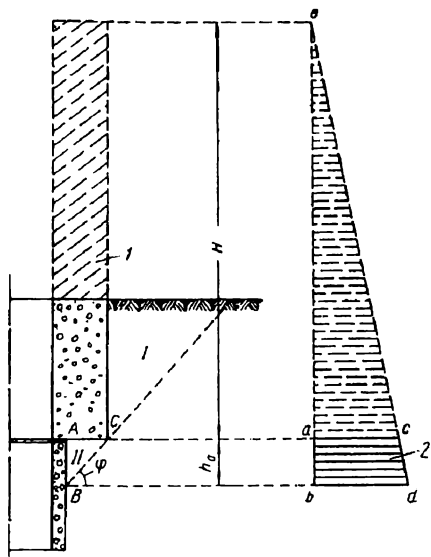


Рис. 22. Эпюра давления на нижележащую крепь вертикального ствола от влияния основания устья:

1 — столб грунта, эквивалентный нагрузке, действующей на основание устья. 2 — эпюра давления на крепь ствола от влияния основания устья

ности призмы грунта II (ABC), весу слоя грунта с площадью основания, равной единице и высотой равной H , то есть

$$q_4 = \gamma H. \quad (15)$$

Приравняв правые части равенств (14) и (15) между собой получим

$$H = \frac{P_p}{\gamma F_{гр}}. \quad (16)$$

Интенсивность горизонтального давления на нижележащую крепь ствола от влияния основания устья определяется по формуле

$$q_4 = \gamma (h_0 + H) \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right), \quad (17)$$

где γ — объемный вес горных пород, $т/м^3$;
 φ — угол внутреннего трения, град.;
 H — высота столба грунта, эквивалентная действующей нагрузке, $м$;
 h_0 — высота призмы грунта ABC (см. рис. 21),

$$h_0 = (c_y - c_0) \operatorname{tg} \varphi, \quad (18)$$

где c_y — толщина крепи устья, $м$;
 c_0 — толщина крепи ствола, $м$.

На горизонтальное давление следует проверять крепь вертикального ствола, лежащую под основанием устья.

6. Расчетное сопротивление грунтов

Проектирование и сооружение устьев стволов должно производиться на основе геологических и гидрогеологических материалов, а также инженерных изысканий и исследований грунтов. Сопротивление глинистых, песчаных и крупнообломочных грунтов, при отсутствии данных испытаний можно принимать по данным НИТУ 127-55, приведенным соответственно в табл. 4, 5 и 6.

Таблица 4

Грунты	Коэффициент пористости	Расчетное сопротивление ($кг/см^2$) при состоянии грунта	
		твердом	пластичном
Супеси	0,5	3,0	3,0
	0,7	2,5	2,0
Суглинки	0,5	3,0	2,5
	0,7	2,5	1,8
	1,0	2,0	1,0
Глины	0,5	6,0	4,0
	0,6	5,0	3,0
	0,8	3,0	2,0
	1,0	2,5	1,0

При этом, учитывая возможность ослабления грунтовых оснований устьев при проходке стволов, указанные расчетные сопротивления грунтов следует понижать на величину коэффициента k_n , который ориентировочно рекомендуется принимать:

для песчаных грунтов .	0,75
для глинистых грунтов	0,80
для крупнообломочных грунтов	0,85
для скальных грунтов .	0,90

Таблица 5

Грунты	Расчетное сопротивление ($кг/см^2$) при состоянии грунта	
	плотном	средней плотности
Пески гравелистые и крупные не зависимо от влажности	4,5	3,5
Пески средней крупности не зависимо от влажности	3,5	2,5
Пески мелкие:		
маловлажные	3,0	2,0
очень влажные и водонасыщенные	2,5	1,5
Пески пылеватые:		
маловлажные	2,5	2,0
очень влажные	2,0	1,5
водонасыщенные	1,5	1,0

Таблица 6

Грунты	Расчетное сопротивление, $кг/см^2$
Щебенистый (галечниковый) с песчаным заполнением пор	6,0
Дресвяный (гравийный) из обломков кристаллических горных пород	5,0
Дресвяный (гравийный) из обломков осадочных горных пород	3,0

Расчетное сопротивление R грунтовых оснований устьев с учетом коэффициента ослабления их при проходке стволов будет

$$R = k_{\pi} R', \quad (19)$$

где R' — расчетное сопротивление подстилающего слоя грунта, принимаемое по данным табл. 4, 5, 6.

В случае недостаточной мощности несущего слоя грунта (рис. 23) и наличия под ним более слабого несущей способности подстилающего слоя грунта, полное давление на кровле подстилающего слоя не должно превышать расчетного для него сопротивления, то есть, должно быть соблюдено приближенное условие

$$p + p_r \leq R', \quad (20)$$

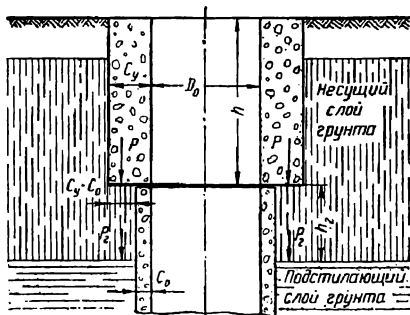


Рис. 23. Схема к определению давления на подстилающий слой грунта

где p — давление на 1 м^2 несущего слоя грунта от основания крепи устья, т/м^2 ;

p_r — давление на 1 м^2 от веса столба несущего слоя грунта (высотой, равной расстоянию от кровли подстилающего слоя грунта до основания крепи устья), т/м^2 .

В случае заложения оснований опорных венцов устья в коренных породах (скальных грунтах) расчетное сопротивление определяется по формуле

$$R = k_n k R'', \quad (21)$$

где k — коэффициент однородности скального грунта, $k = 0,17$;
 R'' — предел прочности скального грунта при одноосном сжатии в водонасыщенном состоянии, т/м^2 .

7. Определение толщины крепи устьев

Расчет толщины крепи устьев производится на вертикальные нагрузки, как кольцевых фундаментов, с последующей проверкой в опасных сечениях на горизонтальные нагрузки.

При расчете по всей площади опирания основания устья грунт принимается однородным, имеющим одинаковое расчетное сопротивление, кроме того пренебрегается действием сил грения и сцепления крепи устья с окружающими горными породами. Обозначив расчетную нагрузку, действующую на грунт от основания устья — P_p ; площадь основания крепи устья, опирающейся на грунт — $F_{гр}$ и расчетное сопротивление несущего слоя грунта — R можно написать

$$P_p \leq R F_{гр}. \quad (22)$$

Определим толщину крепи устья кольцевого поперечного сечения с горизонтальным основанием (см. рис. 21).

Площадь основания крепи устья, опирающейся на грунт, может быть определена по выражению

$$F_{гр} = \pi e (D + e), \quad (23)$$

где e — ширина основания крепи устья, опирающейся на грунт, м ;

D — диаметр ствола в черне, м .

$$e = c_y - c_0; \quad (24)$$

$$D = D_0 + 2c_0, \quad (25)$$

где D_0 — диаметр ствола в свету, м ;

c_0 — толщина крепи вертикального ствола, м .

Подставляя в равенство (23) значения e и D из равенств (24) и (25), получим

$$F_{гр} = \pi (c_y - c_0) (D_0 + c_y + c_0). \quad (26)$$

После преобразований площадь основания кольцевой крепи устья, опирающейся на грунт, может быть написана в виде

$$F_{гр} = \pi [c_y^2 + D_0 c_y - c_0 (D_0 + c_0)]. \quad (27)$$

Подставив в выражение (22) вместо $F_{гр}$ его значение из равенства (27), получим

$$P_p \leq \pi R [c_y^2 + D_0 c_y - c_0 (D_0 + c_0)]. \quad (28)$$

Разделив обе части выражения (28) на πR и проделав необходимые преобразования, получим следующее квадратное уравнение:

$$c_y^2 + D_0 c_y - \left[c_0 (D_0 + c_0) + \frac{P_p}{\pi R} \right] = 0. \quad (29)$$

Решая полученное уравнение относительно c_y , получим формулу для определения толщины кольцевой крепи устья

$$c_y = \sqrt{\frac{D_0^2}{4} + c_0 (D_0 + c_0) + \frac{P_p}{\pi R}} - \frac{D_0}{2}. \quad (30)$$

Формула (30) выведена для случая вертикальной нагрузки, действующей центрально на крепь устья. При внецентренной вертикальной нагрузке, действующей на крепь устья, в формулу (30) необходимо ввести коэффициент, учитывающий эксцентриситет приложения нагрузки. Тогда

$$c_y = \sqrt{\frac{D_0^2}{4} + c_0 (D_0 + c_0) + \frac{F_p}{\xi \pi R}} - \frac{D_0}{2}. \quad (31)$$

Коэффициент, учитывающий эксцентриситет приложения нагрузки, рекомендуется принимать в пределах: $\xi = 0,7—0,9$. При центрально действующей вертикальной нагрузке $\xi = 1$.

Если при одноступенчатой конструкции устья ширина основания крепи, опирающейся на грунт, получится значительных размеров (более 1,5—1,8 м), то переходят на двухступенчатые или трехступенчатые конструкции устьев, ширина промежуточных ступеней которых определяется конструктивно, исходя из равенства суммы ширины всех оснований ступеней крепи, опирающейся на грунт, величине c_y .

При двухступенчатой конструкции устья ширина второй ступени определяется из выражения

$$c_y^* = \frac{c_y - c_0}{2} + c_0. \quad (32)$$

При трехступенчатой конструкции устья ширина третьей ступени определяется из выражения

$$c_y''' = \frac{c_y - c_0}{3} + c_0, \quad (33)$$

а ширина второй ступени определяется из выражения

$$c_y^* = \frac{2}{3} (c_y - c_0) + c_0. \quad (34)$$

При переходе на двухвенцовые или ступенчатоодновенцовые конструкции устьев вертикальные нагрузки, действующие на устье, разбиваются для простоты расчета поровну между венцами при двухвенцовых конструкциях, или ступенью и венцом при одноступенчатовенцовых конструкциях.

Определим минимальную необходимую толщину крепи устья, исходя из напряжений сжатия, возникающих в ней под действием вертикальной расчетной нагрузки.

Уравнение прочности крепи устья при сжатии в общем виде

$$P_p \leq R_k F_k, \quad (35)$$

где R_k — расчетное сопротивление материала крепи при сжатии, $т/м^2$;

F_k — площадь поперечного сечения кольцевой крепи устья, $м^2$.

Так как

$$F_k = \pi c_y (D_0 + c_y), \quad (36)$$

то

$$P_p \leq R_k \pi c_y (D_0 + c_y),$$

откуда после преобразований

$$c_y^2 + D_0 c_y - \frac{P_p}{\pi R_k} = 0. \quad (37)$$

Решая полученное квадратное уравнение относительно c_y получим толщину крепи устья, исходя из напряжений сжатия материала крепи под действием вертикальной расчетной нагрузки

$$c_y = \sqrt{\frac{D_0^2}{4} + \frac{P_p}{\pi R_k}} - \frac{D_0}{2}. \quad (38)$$

По формуле (38) удобно определять толщину крепи венцовых и ступенчатовенцовых конструкций устьев в наименьших, наиболее опасных сечениях при отсутствии в устьях каналов и при центрально действующей вертикальной расчетной нагрузке. При внецентренно действующей вертикальной расчетной нагрузке в формулу (38) необходимо ввести коэффициент, учитывающий эксцентриситет приложения нагрузки.

Тогда

$$c_y = \sqrt{\frac{D_0^2}{4} + \frac{P_p}{\xi \pi R_k}} - \frac{D_0}{2}. \quad (39)$$

Толщину крепи устья, определенную по формулам (38) или (39) из условия прочности на сжатие под действием вертикальной расчетной нагрузки, необходимо проверить на действие горизонтальной расчетной нагрузки.

Определение толщины крепи устьев на горизонтальную расчетную нагрузку производится по общеизвестной формуле Ляме

$$c_y = \frac{D_0}{2} \left(\sqrt{\frac{R_k}{R_k - 2q}} - 1 \right), \quad (40)$$

где q — расчетная горизонтальная нагрузка, действующая на крепь устья, t/m^2 .

Определив при предварительных расчетах по формулам (39) и (40) толщину крепи устья в наименьших наиболее опасных сечениях окончательно принимается наибольшая из них.

При наличии в устьях вентиляционных или калориферных каналов с площадью сечения проемов в крепи в горизонтальной плоскости равной f , площадь поперечного сечения крепи устьев в наиболее опасных сечениях составит

$$F_k = \pi c_y (D_0 + c_y) - f. \quad (41)$$

Подставляя значение F_k из равенства (41) в выражение (35), получим

$$P_p \leq R_k [\pi c_y (D_0 + c_y) - f]. \quad (42)$$

Раскрывая скобки и проделав необходимые преобразования, получим квадратное уравнение

$$c_y^2 + D_0 c_y - \frac{P_p + R_k f}{\pi R_k} = 0. \quad (43)$$

Решая полученное уравнение относительно c_y , получим толщину крепи устья в наиболее опасных сечениях с учетом устройства в ней проемов для вентиляционных или калорифер-

ных каналов при центрально действующей вертикальной нагрузке

$$c_y = \sqrt{\frac{D_0^2}{4} + \frac{P_p + R_k f}{\pi R_k}} - \frac{D_0}{2}. \quad (44)$$

При внецентренно действующей вертикальной расчетной нагрузке в формулу (44) необходимо ввести коэффициент, учитывающий эксцентриситет приложения нагрузки ξ . Тогда

$$c_y = \sqrt{\frac{D_0^2}{4} + \frac{P_p + \xi R_k f}{\xi \pi R_k}} - \frac{D_0}{2}. \quad (45)$$

По формулам (44) и (45) следует определять толщину крепи устьев с проемами для вентиляционных и калориферных каналов, в наиболее опасных сечениях.

При устройстве в устье одного вентиляционного канала площадь поперечного сечения его проема в горизонтальной плоскости при предварительных расчетах может быть определена приближенно из выражения

$$f_b = c_0 b_b, \quad (46)$$

где b_b — ширина вентиляционного канала, м,

а при устройстве в устье двух симметричных калориферных каналов равного поперечного сечения — из выражения

$$f_k = 2c_0 b_k, \quad (47)$$

где b_k — ширина калориферного канала, м.

На основе предварительного определения нагрузок, действующих на устье ствола и предварительного расчета по ним основных размеров крепи устья, выбирается конструкция устья и устанавливаются все основные размеры его, после чего производится проверка напряжений, как в грунте, залегающем под основаниями устья, так и в крепи устья.

8. Проверка напряжений в грунтовых основаниях и крепи устьев

При центрально действующей на устье вертикальной расчетной нагрузке действительные напряжения сжатия будут:

для грунтов несущего слоя

$$\sigma_{гр} = \frac{P_p}{F_{гр}}. \quad (48)$$

Но

$$F_{гр} = \pi e (D_0 + 2c_0 + e). \quad (49)$$

Следовательно,

$$\sigma_{гр} = \frac{P_p}{\pi e (D_0 + 2c_0 + e)} ; \quad (50)$$

для крепи устья у его основания

$$\sigma_k = \frac{P_p}{F_k} , \quad (51)$$

где F_k — площадь поперечного сечения крепи устья у его основания, m^2 .

Подставляя значение F_k из равенства (36) в равенство (51) получим действительное напряжение сжатия материала крепи устья у его основания от действия вертикальной расчетной нагрузки

$$\sigma_k = \frac{P_p}{\pi c_y (D_0 + c_y)} . \quad (52)$$

При несимметричном расположении опор горнотехнических сооружений, опирающихся на устье, и неодинаковом вертикальном давлении передаваемом на устье указанными опорами, равнодействующая опорных давлений будет приложена к устью внецентренно. Центр приложения равнодействующей опорных давлений на плоскости может быть найден из следующих уравнений (рис. 24):

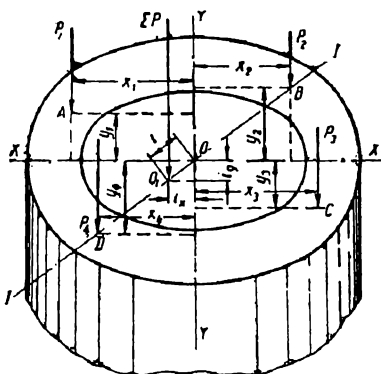


Рис. 24. Схема к определению центра приложения равнодействующей опорных давлений

$$i_x = \frac{\sum P_x}{\sum P} = \frac{P_1 x_1 + P_2 x_2 + \dots + P_n x_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n} ; \quad (53)$$

$$i_y = \frac{\sum P y}{\sum P} = \frac{P_1 y_1 + P_2 y_2 + \dots + P_n y_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n} ; \quad (54)$$

$$i = \sqrt{i_x^2 + i_y^2} , \quad (55)$$

где $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ — давление опор горнотехнических сооружений, опирающихся на устье, m ;

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ — расстояние от центров опор до оси $x-x$, принимаемое в зависимости от расположения со знаком $+$ или $-$, m ;

- $y_1, y_2, y_3 \dots y_n$ — расстояние от центров опор до оси $y-y$, принимаемое в зависимости от расположения со знаком $+$ или $-$, m ;
- i_x — расстояние центра приложения равнодействующей опорных давлений от оси $x-x$, m ;
- i_y — расстояние центра приложения равнодействующей опорных давлений от оси $y-y$, m ;
- i — расстояние центра приложения равнодействующей опорных давлений от центра устья, m .

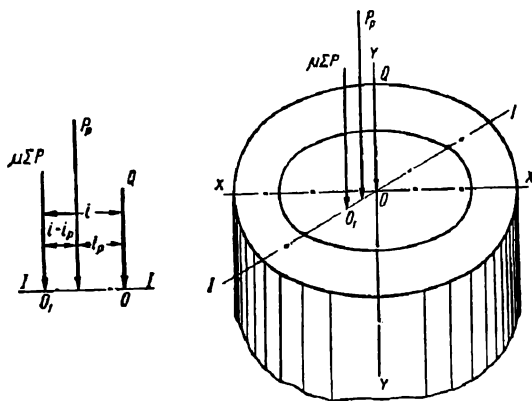


Рис. 25. Схема к определению центра приложения равнодействующей опорных давлений и собственного веса устья

Расчетное давление, действующее на устье, равно равнодействующей вертикальных опорных давлений плюс собственный вес конструкции устья. При сплошных цилиндрических устьях (без проемов для каналов) центр тяжести их лежит на вертикальной оси. При наличии в устьях больших проемов для каналов, следует определять вертикальную ось центра тяжести устьев. Для этого устье ствола разбивается осями координат на четыре равные части, далее вычисляется вес каждой из четырех частей и затем определяется вертикальная ось центра тяжести устья аналогично определению центра приложения равнодействующей опорных давлений.

По окончании определения центра приложения равнодействующей вертикальных опорных давлений ΣP и центра приложения равнодействующей собственного веса отдельных частей устья Q производится вычисление центра приложения расчетной нагрузки P_p (рис. 25).

На основании рис. 25 можно написать соотношение

$$\mu \Sigma P (i - i_p) = Q i_p, \quad (56)$$

откуда

$$i_p = \frac{\mu \Sigma P i}{\mu \Sigma P + Q}, \quad (57)$$

где i_p — расстояние центра приложения вертикальной расчетной нагрузки от центра устья, m .

Для того, чтобы крепь устья под действием эксцентрично приложенной вертикальной расчетной нагрузки испытывала только напряжения сжатия необходимо сохранить условие

$$i_p \leq r, \quad (58)$$

где r — радиус ядра сечения кольцевой крепи устья

$$r = \frac{D_y}{8} \left[1 + \left(\frac{D_0}{D_y} \right)^2 \right], \quad (59)$$

где D_y — диаметр устья.

Вычислив центр приложения вертикальной расчетной нагрузки при внецентренном сжатии можно определить действительные минимальные и максимальные сжимающие напряжения в основании крепи устья вертикального ствола и в подстилающем его несущем слое грунта по формуле

$$\sigma = \frac{P_p}{F} \pm \frac{M}{W}, \quad (60)$$

где F — площадь поперечного сечения, m^2 ;

M — изгибающий момент, mM ;

W — момент сопротивления, m^3 ,

Или, полагая

$$M = P_p i_p. \quad (61)$$

Формула (60) примет вид

$$\sigma = \frac{P_p}{F} \pm \frac{P_p i_p}{W}. \quad (62)$$

Определим сначала действительные сжимающие напряжения в несущем слое грунта, подстилающем основание устья, а затем в основании крепи устья. Под действием внецентренно приложенной к устью вертикальной расчетной нагрузки P_p , несущий слой грунта, подстилающий основание устья (рис. 26) будет испытывать сжимающие напряжения, причем, последние будут тем больше, чем больше будет эксцентриситет i_p приложения вертикальной расчетной нагрузки.

Площадь грунтового основания устья может быть определена по формуле

$$F_{гр} = \frac{\pi}{4} (D_y^2 - D^2), \quad (63)$$

а момент сопротивления — по формуле

$$W_{гр} = \frac{\pi (D_y^4 - D^4)}{32D_y} \quad (64)$$

Подставляя вместо F и W значения $F_{гр}$ и $W_{гр}$ из равенств (63) и (64) в равенство (62), получим

$$\sigma_{гр} = \frac{4P_p}{\pi (D_y^2 - D^2)} \pm \frac{32P_p i_p D_y}{\pi (D_y^4 - D^4)}.$$

Или

$$\sigma_{гр} = \frac{4P_p}{\pi (D_y^2 - D^2)} \left[1 \pm \frac{8D_y i_p}{D_y^2 + D^2} \right]. \quad (65)$$

Откуда, минимальные и максимальные действительные напряжения сжатия грунтового основания устья от действия внецентренно приложенной к устью вертикальной расчетной нагрузки будут:

$$\sigma'_{\min} = \frac{4P_p}{\pi (D_y^2 - D^2)} \left[1 - \frac{8D_y i_p}{D_y^2 + D^2} \right]; \quad (66)$$

$$\sigma'_{\max} = \frac{4P_p}{\pi (D_y^2 - D^2)} \left[1 + \frac{8D_y i_p}{D_y^2 + D^2} \right]. \quad (67)$$

По формулам (66) и (67) при расчете устьев следует определять действительные напряжения сжатия грунтовых оснований.

Для обеспечения прочности устья необходимо, чтобы максимальное напряжение сжатия в грунтовом основании не превышало расчетного сопротивления грунта с учетом ослабления его при проходке ствола, т. е.

$$\sigma'_{\max} \leq R. \quad (68)$$

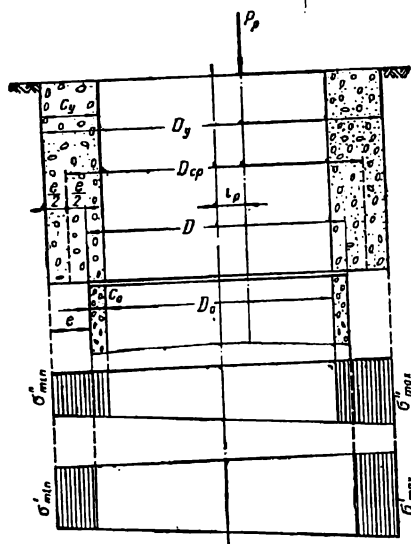


Рис. 26. Схема к определению сжимающих напряжений в основании устья

При внецентренно действующей вертикальной расчетной нагрузке наибольшие напряжения сжатия будет испытывать крепь устья в наиболее опасном сечении у ее основания.

Площадь поперечного сечения крепи устья у ее основания может быть определена по формуле (рис. 26)

$$F_k = \frac{\pi}{4} (D_y^2 - D_0^2) \quad (69)$$

а момент сопротивления кольцевого сечения крепи устья у ее основания — по формуле

$$W_k = \frac{\pi (D_y^4 - D_0^4)}{32D_y}. \quad (70)$$

Подставляя вместо F и W значения F_k и W_k из равенств (69) и (70) в равенство (62), будем иметь

$$\sigma_k = \frac{4P_p}{\pi (D_y^2 - D_0^2)} \pm \frac{32P_p i_p D_y}{\pi (D_y^4 - D_0^4)},$$

откуда

$$\sigma_k = \frac{4P_p}{\pi (D_y^2 - D_0^2)} \left[1 \pm \frac{8D_y i_p}{D_y^2 + D_0^2} \right]. \quad (71)$$

Из равенства (71) минимальные и максимальные действительные напряжения сжатия в кольцевом сечении крепи устья у ее основания от действия внецентренно приложенной к устью вертикальной расчетной нагрузки будут:

$$\sigma_{\min} = \frac{4P_p}{\pi (D_y^2 - D_0^2)} \left[1 - \frac{8D_y i_p}{D_y^2 + D_0^2} \right]; \quad (72)$$

$$\sigma_{\max} = \frac{4P_p}{\pi (D_y^2 - D_0^2)} \left[1 + \frac{8D_y i_p}{D_y^2 + D_0^2} \right]. \quad (73)$$

Для обеспечения прочности крепи устья необходимо, чтобы максимальное напряжение сжатия в ее кольцевом сечении у основания устья не превышало расчетного сопротивления материала крепи, т. е.

$$\sigma_{\max} \leq R_k. \quad (74)$$

Кроме того, крепь устьев также необходимо проверить на действие горизонтальных нагрузок. Действительные нормальные напряжения в крепи устьев под действием горизонтальных нагрузок можно определить по формуле Ляме

$$P'' = \frac{qR_n^2}{R_n^2 - R_b^2} \left(1 + \frac{R_b^2}{\rho^2} \right), \quad (75)$$

где $R_n = \frac{D_y}{2}$ — наружный радиус крепи устья, м;

$R_{в} = \frac{D_0}{2}$ — внутренний радиус крепи устья, м;

q — интенсивность горизонтального горного давления, $т/м^2$;

ρ — расстояние волокон крепи от центра устья, м.

Подставляя вместо R_n , $R_{в}$ и ρ значения $\frac{D_y}{2}$ и $\frac{D_0}{2}$ в формулу (75), получим

$$P'_{\min} = \frac{qD_y^2}{D_y^2 - D_0^2} \left(1 + \frac{D_0^2}{D_y^2} \right); \quad (76)$$

$$P'_{\max} = \frac{2qD_y^2}{D_y^2 - D_0^2} \quad (77)$$

и средние

$$P'' = \frac{qD_y^2}{D_y^2 - D_0^2} \left(1 + \frac{2D_0^2}{D_y^2 + D_0^2} \right). \quad (78)$$

Для обеспечения прочности крепи необходимо, чтобы было соблюдено условие

$$P'_{\max} \leq R_k. \quad (79)$$

Для бетонной крепи

$$R_k = m' R_6, \quad (80)$$

где m' — коэффициент условий работы бетона при сжатии;
 R_6 — расчетный предел прочности бетона при сжатии.

Согласно НИТУ 123—55 коэффициент условий работы при сжатии для обычных бетонных конструкций, возводимых на поверхности принимается: для столбов сечением 35×35 см $m' = 0,65$, а для всех остальных бетонных конструкций — $m' = 0,90$. Учитывая исключительно ответственное назначение устьев стволов, сложность нагрузок, действующих на них, ослабление конструкций устьев проемами для различных каналов, устраиваемых в них, а также просачивание через устья подземных вод (иногда агрессивных) и возможность сдвижения горных пород при сооружении и эксплуатации устьев, ориентировочно коэффициент условий работы бетона в устьях принимается равным $m' = 0,4$.

Расчетный предел прочности бетона при сжатии R_6 при отсутствии конкретных данных, можно принимать по данным табл. 7.

Таблица 7

Виды напряженного состояния	Предел прочности бетона (кг/см ²), марок									
	35	50	75	100	150	200	300	400	500	600

Нормативный

Сжатие осевое (призмочная прочность)	28	40	60	80	115	145	210	280	350	420
Сжатие при изгибе	35	50	75	100	140	180	260	350	440	520
Растяжение осевое	5	6	8	10	13	16	21	25	28	30
Срез непосредственный	7	11	15	20	25	30	40	50	55	60

Расчетный

Сжатие осевое (призмочная прочность)	15	22	33	44	65	80	130	170	210	250
Сжатие при изгибе	19	27	41	55	80	100	160	210	260	310
Растяжение осевое	2,0	2,4	3,2	4,0	5,2	6,4	9,5	11,0	12,5	13,5
Срез непосредственный	3,0	4,5	6,0	8,0	10,0	12,0	18,0	22,0	25,0	27,0

Объемные веса бетона и железобетона при расчетах следует принимать по данным табл. 8.

Таблица 8

Вид бетона	Объемный вес, кг/м ³	
	бетона	железобетона
Тяжелый бетон на гравии или каменном щебне, не вибрированный	2300	2400
Тяжелый бетон на гравии или каменном щебне, вибрированный	2400	2500
Тяжелый бетон на кирпичном щебне, не вибрированный	1800	1900
Тяжелый бетон на кирпичном щебне, вибрированный	2000	2100

Размеры поперечного сечения крепи устьев ступенчатых конструкций, рассчитанные из условия прочности при сжатии слоя грунта, подстилающего основание крепи устья, также вполне удовлетворяют условию прочности крепи устья, в связи с чем нет необходимости производить проверку прочности ступенчатых конструкций крепи устьев на напряжение сжатия. Что же касается венцовых и ступенчатовенцовых конструкций устьев, то наименьшие размеры крепи в сечениях над опорными венцами должны обязательно проверяться и устанавливаться с учетом расчетных напряжений для бетонной крепи.

9. Проверка крепи устьев на сопротивление разрыву

Как уже было сказано, более 15% всех устьев вертикальных стволов в процессе их сооружения приходило в аварийное состояние.

Одной из основных причин аварий устьев было неудовлетворительное ведение работ при их проходке, сопровождавшееся значительными вывалами породы, обрушениями и выносом вместе с водой окружающих слабых горных пород, нарушением их сплошности и образованием за постоянной крепью пустот. Это в свою очередь, при зависании крепи на верхних ступенях или при ее защемлении в

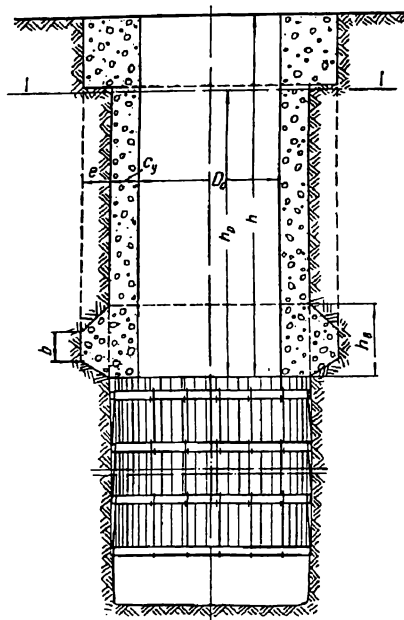


Рис. 27. Схема к определению разрывающих напряжений, возникающих в крепи устья вертикального ствола

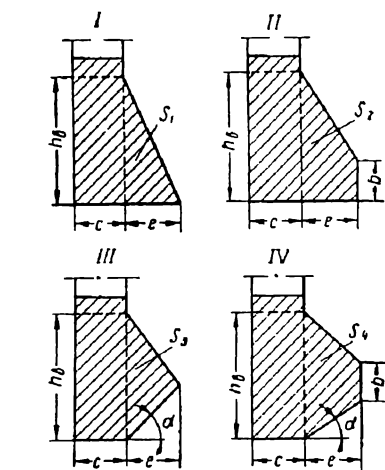


Рис. 28. Конструкции опорных венцов

верхней части горными породами при недостаточной прочности крепи приводит к раскрытию в ней трещин и ее разрыву. В связи с чем, для обеспечения прочности устьев вертикальных стволов необходимо производить проверку поперечных размеров их крепи в наиболее опасных сечениях (I—IV) на сопротивление разрыву ст действия вертикальных нагрузок в период проходки верхних участков стволов, лежащих под устьями (рис. 27). В этом случае, вертикальная нагрузка, действующая на устье будет максимальной и может быть выражена в следующем виде:

$$Q_p = Q_1 + Q_2 + Q_3, \quad (81)$$

- где Q_1 — собственный вес крепи устья ниже наиболее опасного сечения, m ;
 Q_2 — вес грунта, залегающего над опорным венцом крепи устья, m ;
 Q_3 — разрывное усилие крючьев временной крепи верхнего участка ствола, заделываемых в крепь устья, m .

Собственный вес крепи устья, расположенной ниже опасного сечения применительно к различным конструкциям опорных венцов может быть определен по следующим формулам:

для венцов *I* и *III* (рис. 28)

$$Q_1' = \pi \gamma_k \left[c_y (D_0 + c_y) h_p + \frac{1}{2} (D_0 + 2c_y + e) e h_b \right]; \quad (82)$$

для венцов *II* и *IV* (рис. 28)

$$Q_1' = \pi \gamma_k \left[c_y (D_0 + c_y) h_p + \frac{1}{2} (D_0 + 2c_y + e) (h_b + b) e \right], \quad (83)$$

где γ_k — объемный вес крепи устья, m/m^3 ;

h_p — высота крепи от основания устья до опасного сечения, m .

Вес грунта, залегающего над опорным венцом устья

$$Q_2 = \pi \gamma_r \left(h_p - \frac{3}{4} h_b \right) (D_0 + 2c_y + e) e, \quad (84)$$

где γ_r — объемный вес грунта, m/m^3 .

Разрывное усилие крючьев временной крепи верхнего участка ствола, заделанных в крепь устья

$$Q_3 = \frac{\pi d^2}{4} \sigma_c n_k, \quad (85)$$

где d — диаметр крючьев, m ;

σ_c — расчетное сопротивление стали крючьев растяжению, m/m^2 ;

n_k — количество крючьев на кольцо временной крепи.

Для обеспечения прочности бетонной крепи устья на растяжение должно быть соблюдено следующее условие:

$$Q_p \leq R_p F_k, \quad (86)$$

где Q_p — расчетная нагрузка, действующая на устье в период проходки, m ;

R_p — расчетное сопротивление бетона при растяжении, с учетом коэффициента условий работы, m/m^2 ;

F_k — площадь поперечного сечения кольцевой крепи устья в наиболее опасном сечении, m^2 .

Расчетное сопротивление бетона при растяжении

$$R_p = m'' R_{б.р.}, \quad (87)$$

где m'' — коэффициент условий работы бетона на растяжение при проверке крепи устьев на сопротивление разрыву, $m'' = 0,8$;

$R_{б.р}$ — расчетный предел прочности бетона при растяжении, принимается по табл. 7

Подставив в формулу (86) вместо F_k его значение из равенства (36), получим квадратное уравнение

$$\pi R_p c_y^2 + \pi D_0 R_p c_y - Q_p = 0$$

или

$$c_y^2 + D_0 c_y - \frac{Q_p}{\pi R_p} = 0. \quad (88)$$

Решая полученное уравнение относительно c_y , получим выражение для определения толщины крепи устья в наиболее опасном сечении из условия прочности на разрыв

$$c_y = \sqrt{\frac{D_0^2}{4} + \frac{Q_p}{\pi R_p}} - \frac{D_0}{2}. \quad (89)$$

Заменяя в уравнении (88) расчетное сопротивление бетона при растяжении R_p действительным напряжением σ_p и решая его относительно σ_p — получим выражение для определения действительного напряжения растяжения в наиболее опасном сечении устья

$$\sigma_p = \frac{Q_p}{\pi c_y (D_0 + c_y)}. \quad (90)$$

Для избежания разрыва крепи устья необходимо, чтобы было соблюдено условие

$$\sigma_p \leq R_p. \quad (91)$$

Если $\sigma_p > R_p$, то необходимо увеличивать толщину бетонной крепи или переходить на железобетонную крепь, применяя армирование поперечного сечения крепи устья продольной арматурой.

При армировании крепи устья продольная арматура воспринимает все растягивающие напряжения, действующие в сечении устья. В этом случае расчет центрально растянутых элементов железобетонной крепи устья производится по формуле

$$Q_p \leq R_a F_a, \quad (92)$$

где R_a — расчетное сопротивление арматурной стали при растяжении с учетом коэффициента условий работы;

F_a — площадь поперечного сечения арматурной стали.

Расчетное сопротивление арматурной стали при растяжении

$$R_a = m''' R_a', \quad (93)$$

где m''' — коэффициент условий работы арматурной стали; при расчете устьев ориентировочно принимается $m''' = 0,55$;

R_a' — расчетный предел прочности арматурной стали при растяжении (табл. 9).

Площадь поперечного сечения арматурной стали

$$F_a = \frac{\pi d_a^2}{4} n_a, \quad (94)$$

где d_a — диаметр стержней продольной арматуры, $d_a = 20$ — 30 мм;

n_a — количество стержней продольной арматуры в сечении крепи устья.

Таблица 9

Вид арматуры	Нормативный предел прочности при растяжении, кг/см ²	Расчетный предел прочности при	
		растяжении	сжатии
Горячекатаная круглая, полосовая и фасонный прокат из стали марки Ст. 0	1900	1700	1700
То же, из стали марки Ст. 3	2400	2100	2100
Горячекатанная круглая из стали марки Ст. 0, подвергнутая силовой калибровке	2400	2100	1700
То же, из стали марки Ст. 3	2800	2500	2100
Горячекатаная периодического профиля из стали марки Ст. 5	2800	2400	2400
То же, из стали марки 25 ГС	4000	3400	3400
Арматура из холодноотянутой проволоки диаметром до 5,5 мм	5500	4500	4500
То же, из проволоки диаметром 6—10 мм	4500	3600	3600
Холодносплюснутая периодического профиля из стали марок Ст. 0 и Ст. 3	4500	3600	3600

При переходе на железобетонную крепь устья расчет центрально сжатых элементов ее производится на действие основных (эксплуатационных) вертикальных нагрузок по формуле

$$P_p \leq \varphi' (R_p F_0 + R_a F_a), \quad (95)$$

где φ' — коэффициент продольного изгиба;

F_6 — площадь сечения бетона (за вычетом сечения арматуры)

$$F_6 = F_k - F_a. \quad (96)$$

Значения коэффициента продольного изгиба для бетонных и железобетонных конструкций приведены в табл. 10.

Таблица 10

Отношение высоты устья к наименьшей толщине крепи	Коэффициент продольного изгиба для	
	бетона	железобетона
4	0,98	1,00
6	0,96	1,00
8	0,91	1,00
10	0,86	1,00
12	0,82	1,00
14	0,77	1,00
16	0,72	0,88
18	0,68	0,80
20	0,63	0,73
22	0,59	0,67
24	0,55	0,62
26	0,51	0,57
28	0,47	0,53
30	0,44	0,50

10. Расчет по образованию и раскрытию трещин

Расчет по образованию трещин в наиболее опасных сечениях растянутой зоны железобетонной крепи устьев может производиться по формуле (НиТУ 123—55);

$$Q'_p \leq m R_p F_6 \left(1 + 2n_0 \frac{F_a}{F_6} \right), \quad (97)$$

где m — коэффициент условий работы при расчете по образованию и раскрытию трещин, $m = 1,9$;

n_0 — отношение модулей упругости арматуры и бетона:

$$n_0 = \frac{E_a}{E_6}, \quad (98)$$

где E_a — расчетный модуль упругости арматуры, $E_a = 2\,100\,000 \text{ кг/см}^2$;

E_6 — расчетный модуль упругости бетона принимается по данным табл. 11.

Таблица 11

Марка бетона	Модуль упругости бетона, кг/см ²	
	нормативный	расчетный
50	110 000	65 000
75	155 000	90 000
100	190 000	120 000
150	240 000	165 000
200	290 000	200 000
300	340 000	270 000
400	380 000	310 000
500	410 000	340 000
600	430 000	360 000

Ширина раскрытия трещин a в центрально растянутых элементах определяется по формуле (НитУ 123—55)

$$a = \psi \frac{\sigma_a}{E_a} l_m, \quad (99)$$

где σ_a — напряжение растяжения в арматуре, равное:

$$\sigma_a = \frac{Q_p}{F_a}; \quad (100)$$

l_m — расстояние между трещинами;

ψ — коэффициент, учитывающий работу растянутого бетона между трещинами (табл. 12).

Расстояние между трещинами:

$$l_m = \frac{U}{U_1}. \quad (101)$$

Значения U и U_1 определяются из равенств:

$$U = \frac{F_a}{S}; \quad (102)$$

$$U_1 = \frac{F_a}{F_6}, \quad (103)$$

где S — периметр сечения арматуры.

Ширина раскрытия трещин в крепи устьев a не должна превышать 0,2 мм. Если ширина раскрытия трещин $a > 0,2$ мм, то крепь устья должна быть усилена.

u_1	Значения ϕ для центрально растянутых элементов при напряжении растяжения в арматуре σ_a , кг/см ²					
	1000	1250	1500	2000	2500	3000
0,05	—	—	—	—	—	0,44
0,06	—	—	—	—	0,42	0,60
0,075	—	—	—	0,40	0,61	0,73
0,10	—	—	0,33	0,62	0,75	0,83
0,15	0,33	0,48	0,64	0,80	0,87	0,91
0,20	0,48	0,67	0,77	0,87	0,92	0,95
0,30	0,68	0,79	0,85	0,92	0,95	0,97
0,50	0,82	0,88	0,92	0,96	0,98	1,00

11. Глубина заложения оснований устьев

Глубина заложения оснований устьев зависит от: геологических и гидрогеологических условий залегания горных пород (грунтов) в месте сооружения устья; величины и характера нагрузок, действующих на устье; конструкции устья; несущей способности (прочности) грунтов в месте заложения оснований устья; возможности пучения грунтов при промерзании; расположения проемов для каналов и др.

При проектировании и сооружении устьев глубина заложения их оснований должна назначаться с учетом всех вышеперечисленных факторов.

Глубина заложения горизонтального основания верхней ступени ступенчатых и ступенчатовенцовых конструкций устьев в зависимости от глубины промерзания грунта может быть определена из выражения (рис. 29, а)

$$h_1' = m_3 h_n, \quad (104)$$

где h_n — нормативная глубина промерзания грунта, м;

m_3 — коэффициент, учитывающий необходимое понижение основания устья по отношению к линии промерзания грунта для исключения вредного влияния последнего, $m_3 = 1,25 \div 1,30$

Глубина заложения основания второй ступени устья с учетом уменьшения или исключения влияния верхнего основания на нижележащую крепь ствола может быть определена по формуле

$$h'' = h' + nh_0', \quad (105)$$

где h_0'' — высота второй ступени устья, испытывающая максимальную нагрузку от влияния давления, передаваемого верхним основанием на горные породы, m ; n — коэффициент запаса, учитывающий уменьшение влияния основания устья на нижележащую крепь, $n = 2,0 \div 3,0$.

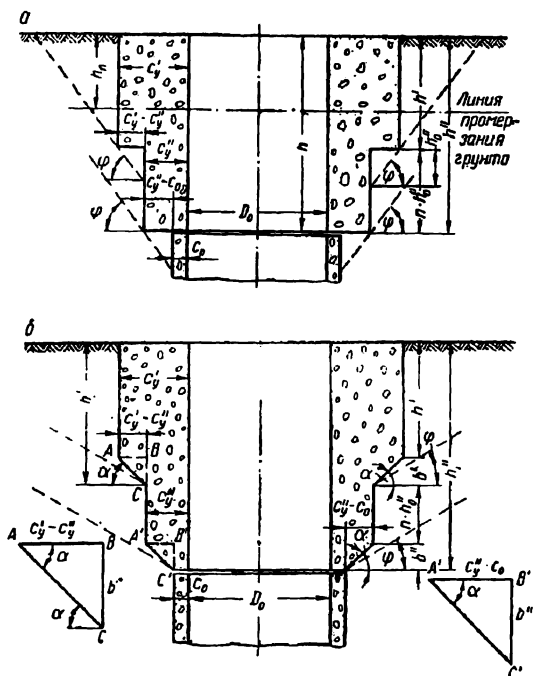


Рис. 29. Схемы к определению глубины заложения оснований ступенчатого устья:

а — горизонтальных; б — конических

Высота второй ступени устья, испытывающая максимальную нагрузку от влияния давления, передаваемого верхним основанием устья на горные породы, может быть определена по формуле

$$h_0'' = (c_y' - c_y'') \operatorname{tg} \varphi. \quad (106)$$

И аналогично, для третьей ступени устья (при трехступенчатой конструкции)

$$h_0''' = (c_y'' - c_y''') \operatorname{tg} \varphi. \quad (107)$$

Пользуясь равенствами (104), (105), (106), (107) и следует определять глубину заложения оснований ступенчатых устьев вертикальных стволов.

При проектировании устьев с коническими основаниями в указанные равенства необходимо внести поправки, учитывающие угол наклона оснований устья к горизонтальной плоскости (рис. 29, б). Тогда, в соответствии с обозначениями, приведенными на рисунке будем иметь следующее выражение для определения глубины заложения конического основания первой ступени устья, в зависимости от глубины промерзания грунта:

$$h_1' = h' + b', \quad (108)$$

но

$$b' = (c_y' - c_y'') \operatorname{tg} \alpha, \quad (109)$$

где α — угол наклона основания устья к горизонтальной плоскости.

Подставляя в равенство (108) значения h' и b' из выражений (104) и (109) окончательно получим

$$h_1' = m_3 h_n + (c_y' - c_y'') \operatorname{tg} \alpha. \quad (110)$$

Глубина заложения конического основания второй ступени устья от поверхности земли с учетом уменьшения влияния его основания на нижележащую крепь ствола будет

$$h_1'' = h_1' + n h_0'' + b'', \quad (111)$$

но

$$b'' = (c_y'' - c_0) \operatorname{tg} \alpha. \quad (112)$$

Подставляя в равенство (111) значения h_0'' и b'' из выражений (106) и (112), получим

$$h_1'' = m_3 h_n + (c_y' - c_y'') (\operatorname{tg} \alpha + n \operatorname{tg} \varphi) + (c_y'' - c_0) \operatorname{tg} \alpha. \quad (113)$$

Размеры проемов для вентиляционных, калориферных и других каналов, устраиваемых в устьях стволов, оказывают весьма большое влияние на глубину заложения оснований опорных венцов в ступенчатовенцовых конструкциях устьев. При этом глубина заложения оснований венцов зависит от глубины заложения подошвы проемов для каналов различного назначения. Обычно основания опорных венцов закладываются ниже пола каналов на глубину, равную или несколько большую чем высота венцов.

Глубина заложения основания опорного венца устья в зависимости от максимальной глубины заложения подошвы проемов для каналов может быть определена из выражения (рис. 30):

$$h_{y, в} = h_{п. к} + b_1 + h_{в}, \quad (114)$$

где $h_{пк}$ — глубина заложения подошвы нижнего проема для канала от поверхности земли (m), определяемая конструктивно в зависимости от сечения каналов и их заглубления в грунт;

b_1 — расстояние между подошвой нижнего проема для канала и верхней отметкой опорного венца устья (m), определяемое конструктивно;

h_b — высота опорного венца (m), определяемая специальным расчетом.

Обобщая изложенное, необходимо сделать следующие основные выводы:

1. Глубина заложения верхних оснований ступенчатых и ступенчатовенцовых устьев должна быть больше глубины промерзания грунта.

2. Глубина заложения вторых и последующих ступеней ступенчатых и ступенчатовенцовых устьев должна приниматься с учетом уменьшения влияния основания устья на нижележащую крепь ствола.

3. Глубина заложения оснований опорных венцов, венцовых и ступенчатовенцовых устьев должна быть больше глубины заложения подошвы проемов для каналов на глубину, равную не менее высоты опорного венца.

4. Глубина заложения оснований ступеней и опорных венцов ступенчатых, венцовых и ступенчатовенцовых устьев, определенная исходя из вышеуказанных пунктов 1, 2, 3, должна корректироваться и окончательно устанавливаться с учетом геологических и гидрогеологических условий залегания горных пород и их несущей способности, а также с учетом расположения фундаментов горнотехнических сооружений, окружающих устье ствола.

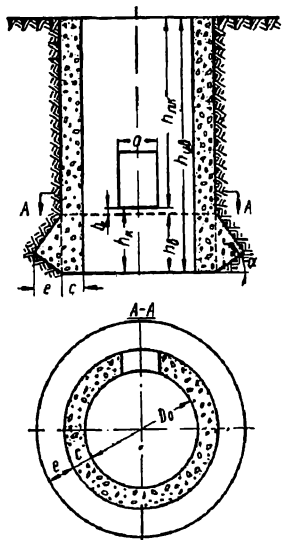


Рис. 30. Схема к определению глубины заложения основания венцового устья вертикального ствола

12. Определение высоты опорных венцов устьев

Конструкции опорных венцов венцовых и ступенчатовенцовых устьев, применяемые в современной практике шахтного строительства могут быть двух типов: одноконические (I и II) и двухконические (III и IV, см. рис. 28). Первые из них обычно применяются при возведении опорных венцов в скальных и полускальных грунтах, а вторые — в песчаных и глинистых грунтах.

Конструкции опорных венцов I и III типов применяются при передаче на грунт небольших вертикальных нагрузок. При опирании на устья копров или их станков обычно применяются конструкции венцов II и IV типов.

При проектировании венцовых или ступенчатовенцовых устьев часто необходимо знать их площадь поперечного сечения, которая может быть определена по следующим формулам: для венцов I и III (см. рис. 28)

$$S_{1;3} = \left(c + \frac{e}{2} \right) h_b; \quad (115)$$

для венцов II и IV (см. рис. 28)

$$S_{2;4} = h_b c + \frac{e}{2} (h_b + b). \quad (116)$$

где h_b — высота венца, м;

c — толщина крепи устья в наименьшем сечении, м;

e — ширина уступа венца, опирающегося на грунт, м;

b — высота вертикальной части консоли венца, м.

Для обеспечения необходимой прочности опорных венцов их размеры должны определяться расчетом.

Ширина оснований опорных венцов определяется так же, как и оснований ступеней устья из условия допускаемых давлений на грунт, что вполне обеспечивает прочные размеры венцов по ширине.

Минимальная высота опорных венцов (рис. 30) может быть определена из условия их работы (под действием вертикального давления) на срезывание. Уравнение прочности на срезывание имеет вид

$$P_p \leq S\tau, \quad (117)$$

где P_p — полная вертикальная расчетная нагрузка, действующая на устье, т/м²;

S — площадь срезывания, м²;

τ — расчетное сопротивление материала крепи на срезывание с учетом коэффициента условий работы, т/м².

Расчетное сопротивление материала крепи на срезывание

$$\tau = m_0 \tau_1, \quad (118)$$

где τ_1 — расчетный предел прочности бетона срезыванию, принимается по данным табл. 7;

m_0 — коэффициент условий работы бетона на срезывание, при расчете устьев ориентировочно принимается $m_0 = 0,5$.

Из рис. 30 площадь срезывания опорного венца устья может быть определена по формуле

$$S = \pi (D_0 + 2c) h_b. \quad (119)$$

Подставив значение S в выражение (117) будем иметь

$$P_p \leq \pi (D_0 + 2c) h_B \tau. \quad (120)$$

Откуда минимальная высота опорного венца крепи устья будет

$$h_B = \frac{P_p}{\pi (D_0 + 2c) \tau}. \quad (121)$$

По полученной формуле и следует предварительно определять необходимую высоту опорного венца крепи устья. При проверке на прочность срезывания венца устья заданной конструкции действительное напряжение срезывания может быть определено из уравнения (120)

$$\tau_d = \frac{P_p}{\pi (D_0 + 2c) h_B} \quad (122)$$

Для обеспечения прочности опорного венца срезыванию необходимо, чтобы было соблюдено условие

$$\tau_d \leq \tau. \quad (123)$$

13. Проверка заложения основания крепи устья из условия невыпирания грунта

Под действием вертикальной нагрузки, передаваемой основанием крепи устья на грунт, происходит осадка последнего. При этом частицы грунта, расположенные под основанием сначала приходят в поступательное движение в вертикальном направлении вниз, затем, по мере уплотнения грунта под основанием, они получают движение в стороны и, наконец, приобретают движение вверх. При этом происходит явление вспучивания грунта, называемое выпиранием.

Глубина заложения оснований устьев, установленная в зависимости от глубины промерзания грунта или расположения в устье проемов для вентиляционных или калориферных каналов обычно также удовлетворяет и условию невыпирания грунта из-под основания устья.

При сооружении устьев вертикальных стволов в слабых породах покровной толщи, в случаях когда в крепи устьев вертикальных стволов устраиваются проемы для каналов различного назначения, высота крепи устья, лежащая ниже подошвы проема для канала должна быть обязательно проверена из условия невыпирания грунта из-под основания устья.

Основание устья ниже подошвы проема для каналов должно быть заложено с таким расчетом, чтобы полностью исключалась возможность выпирания из-под него грунта и деформация, в связи с этим, пола каналов.

Для определения глубины заложения оснований устьев ниже подошвы проемов для каналов можно пользоваться наиболее простой и общеизвестной формулой Паукера, имеющей вид

$$h_k = k'H \operatorname{tg}^4 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right), \quad (124)$$

где h_k — глубина заложения основания устья под подошвой проема для канала из условия невыпирания грунта, м;
 H — высота столба грунта, эквивалентная нагрузке, действующей на 1 м^2 основания устья, м;
 φ — угол внутреннего трения грунта, град.;
 k' — коэффициент запаса к формуле Паукера, $k' = 1,5 \div 2,0$.

При расчетах, в зависимости от угла внутреннего трения φ значение $\operatorname{tg}^4 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$ принимать по данным табл. 3.

При сооружении устьев вертикальных стволов в прочных коренных (скальных) породах проверка заложения глубины их основания ниже пола калориферных или вентиляционных каналов из условия невыпирания грунта не производится.

14. Пример расчета устья вертикального ствола

Расчитать крепь устья вертикального ствола круглого поперечного сечения диаметром в свету $D_0 = 6 \text{ м}$ при толщине бетонной крепи ствола $s_0 = 0,5 \text{ м}$ и при условии, что на крепь устья опираются четыре стойки станка копра, совмещенные с опорами надшахтного здания и передающие на нее следующие максимальные опорные давления (рис. 31, а):

$$P_1 = P_2 = 250 \text{ т};$$

$$P_3 = P_4 = 150 \text{ т}.$$

Расстояния от точек приложения опорных давлений на крепь устья до его осей составляют:

$$x_1 = x_2 = 3,0 \text{ м}; \quad y_1 = y_2 = 2,5 \text{ м};$$

$$x_3 = x_4 = 3,5 \text{ м}; \quad y_3 = y_4 = 1,5 \text{ м}.$$

Марка бетона крепи устья М150.

Конструкция устья — одноступенчатовенцовая.

а. Вертикальная расчетная нагрузка

1. Вертикальная нагрузка, действующая на крепь устья

$$\Sigma P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 250 + 250 + 150 + 150 = 800 \text{ т},$$

2. Собственный вес крепи устья одноступенчатовенцовой конструкции по аналогии с ранее выполненными конструкциями ориентировочно принимаем

$$Q = 520 \text{ т.}$$

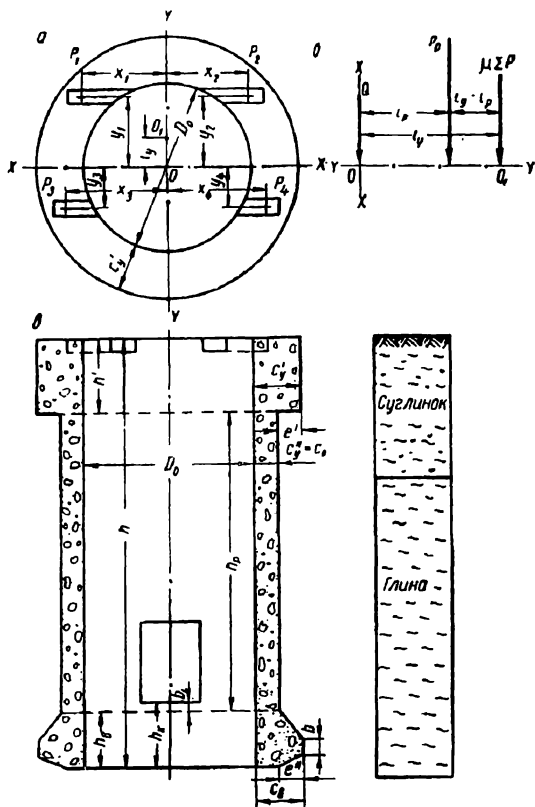


Рис. 31. Схема к расчету одноступенчатовенцового устья

3. Вертикальная расчетная нагрузка, действующая на верхнее (одноступенчатое) и нижнее (венцовое) основания устья

$$P_p = \mu \Sigma P + Q = 1,1 \cdot 800 + 520 = 1400 \text{ т.}$$

4. Полагаем, что вертикальная расчетная нагрузка, действующая на устье, поровну распределяется между его двумя основаниями. Тогда нагрузка, действующая на каждое основание устья составит

$$P'_p = P''_p = \frac{P_p}{2} = \frac{1400}{2} = 700 \text{ т.}$$

б. Центр приложения вертикальной расчетной нагрузки

1. Ордината i_y центра приложения равнодействующей опорных давлений, действующих на устье (рис. 31, б) равна

$$i_y = \frac{\Sigma P_y}{\Sigma P} = \frac{250 \cdot 2,5 + 250 \cdot 2,5 - 150 \cdot 1,5 - 150 \cdot 1,5}{250 + 250 + 150 + 150} = 1,0 \text{ м.}$$

2. Ордината i_p центра приложения равнодействующей вертикальной расчетной нагрузки, при центре приложения равнодействующей собственного веса конструкции устья в его геометрическом центре, составит:

$$i_p = \frac{\mu \Sigma P i_y}{\mu \Sigma P + Q} = \frac{1,1 \cdot 800 \cdot 1,0}{1,1 \cdot 800 + 520} = 0,63 \text{ м};$$

$$i_y - i_p = 1,0 - 0,63 = 0,37 \text{ м.}$$

в. Ширина оснований устья, опирающихся на грунт

1. Основание верхней ступени устья опирается на пластичные суглинки с расчетным пределом прочности при сжатии $R_1 = 3 \text{ кг/см}^2$, а основание опорного венца устья — на пластичные глины с расчетным пределом прочности при сжатии $R_2 = 4 \text{ кг/см}^2$. С учетом понижающего коэффициента на ослабление оснований устья при проходке $k_n = 0,8$, расчетное сопротивление грунта при сжатии будет:

$$R' = k_n R_1 = 0,8 \cdot 3 = 2,4 \text{ кг/см}^2 = 24 \text{ т/м}^2;$$

$$R'' = k_n R_2 = 0,8 \cdot 4 = 3,2 \text{ кг/см}^2 = 32 \text{ т/м}^2.$$

2. Полагая наименьшую толщину крепи устья на участке, соединяющем основание ступени устья с вершиной опорного венца, равной толщине крепи ствола $c_y'' = c_0 = 0,5 \text{ м}$ и принимая коэффициент эксцентриситета расположения нагрузки $\xi = 0,85$, определяем предварительную ширину верхней ступени устья

$$c_y' = \sqrt{\frac{D_0^2}{4} + c_y''(D_0 + c_y'') + \frac{P_p'}{\xi \pi R'}} - \frac{D_0}{2} =$$

$$= \sqrt{\frac{6^2}{4} + 0,5(6,0 + 0,5) + \frac{700}{0,85 \cdot 3,14 \cdot 24}} - \frac{6}{2} =$$

$$= 1,82 \approx 1,9 \text{ м.}$$

3. Ширина опорного венца устья

$$c_b = \sqrt{\frac{D_0^2}{4} + c_0(D_0 + c_0) + \frac{P_p''}{\xi \pi R''}} - \frac{D_0}{2} =$$

$$= \sqrt{\frac{6^2}{4} + 0,5(6,0 + 0,5) + \frac{700}{0,85 \cdot 3,14 \cdot 32}} - \frac{6}{2} = 1,53 \approx 1,6 \text{ м.}$$

г. Глубина заложения оснований устья, опирающихся на грунт

1. Основание верхней ступени устья принимаем горизонтальным. При нормативной глубине промерзания грунта $h_n = 1,5$ м и коэффициенте $m_s = 1,3$ глубина заложения верхнего основания устья от поверхности земли будет

$$h' = m_s h_n = 1,3 \cdot 1,5 = 1,95 \approx 2 \text{ м.}$$

2. Опорный венец устья принимаем двухконический высотой $h_b = 1,8$ м.

При отметке подошвы проема для вентиляционного канала, от поверхности земли $h_{п.к} = 10$ м и расстоянии между подошвой проема для канала и верхней отметкой опорного венца устья $b_1 = 0,2$ м, глубина заложения основания опорного венца от поверхности земли составит

$$h = h_{y.в} = h_{п.к} + b_1 + h_b = 10 + 0,2 + 1,8 = 12 \text{ м.}$$

д. Высота опорного венца устья

1. Площадь основания венца устья, опирающегося на грунт, при угле наклона конического основания к горизонтальной плоскости $\alpha = 15^\circ$, будет равна (см. рис. 31)

$$F_{гр} = \frac{\pi}{\cos \alpha} e'' (D_0 + 2c_0 + e'') = \frac{3,14}{0,966} 1,1 (6,0 + 2 \cdot 0,5 + 1,1) = 29,1 \text{ м}^2.$$

2. Высота столба грунта, эквивалентная действующей нагрузке на 1 м^2 поверхности основания венца, опирающегося на грунт

$$H = \frac{P'_p}{\gamma F_{гр}} = \frac{700}{1,8 \cdot 29,1} = 13,3 \text{ м.}$$

3. Глубина заложения основания венца устья из условия невыпирания грунта в месте примыкания к устью вентиляционного канала определяется по формуле Паукера

$$h_k = k' H \operatorname{tg}^4 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = 1,5 \cdot 13,3 \cdot 0,073 = 1,46 \text{ м.}$$

4. Так как $h_k < h_b$ ($1,46 < 1,8$ м), то принятая высота венца устья условию невыпирания из-под него грунта удовлетворяет.

5. При расчетном пределе прочности бетона марки 150 на срезывание $\tau_1 = 10 \text{ кг/см}^2$ и коэффициенте условий работы $m_0 = 0,5$ расчетное сопротивление бетонного венца на срезывание составит

$$\tau = m_0 \tau_1 = 0,5 \cdot 10 = 5 \text{ кг/см}^2 = 50 \text{ т/м}^2.$$

6. Действительное напряжение срезывания, возникающее в опорном венце устья под действием вертикальной нагрузки

$$\tau_d = \frac{P_p''}{\pi (D_0 + 2c_y'') h_a} = \frac{700}{3,14 (6,0 + 2 \cdot 0,5) 1,8} = 17,7 \text{ т/м}^2.$$

7. Так как $\tau_d < \tau (17,7 < 50 \text{ т/м}^2)$, то высота опорного венца устья условию прочности на срезывание вполне удовлетворяет.

е. Горизонтальная расчетная нагрузка

1. Давление грунта на крепь устья. при объемном весе его $\gamma_r = 1,8 \text{ т/м}^3$ и угле внутреннего трения $\varphi = 35^\circ$ составит

$$q_1 = \gamma_r h \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = 1,8 \cdot 12 \cdot 0,271 = 5,9 \text{ т/м}^2.$$

2. Давление грунтовых вод на крепь устья при их зеркале $h_3 = 2 \text{ м}$ от поверхности земли. будет

$$q_2 = \gamma_w (h - h_3) = 1,0 (12 - 2) = 10 \text{ т/м}^2.$$

3. На расстоянии $a_0 = 3 \text{ м}$ от устья располагается ленточный фундамент сортировки с нагрузкой 45 т на 1 м его длины. При ширине фундамента $b_0 = 1,2 \text{ м}$, высота столба грунта эквивалентная нагрузке, действующей на 1 м² основания фундамента, будет

$$H = \frac{P_\Phi}{\gamma_r b_0} = \frac{45}{1,8 \cdot 1,2} = 21 \text{ м}.$$

4. Давление на крепь устья от влияния соседнего фундамента при глубине его заложения 2,5 м от поверхности земли составит

$$q_3 = \gamma_r H \frac{b_0}{a_0 + b_0} \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = 1,8 \cdot 21 \frac{1,2}{3 + 1,2} \cdot 0,271 = 2,94 \approx 3,0 \text{ т/м}^2.$$

5. Предварительная площадь основания верхней ступени устья ствола, опирающейся на грунт при условии, что:

$$c_y'' = c_0 = 0,5 \text{ м};$$

$$e' = c_y' - c_0 = 1,9 - 0,5 = 1,4 \text{ м}$$

будет равна

$$F_{rp} = \pi e' (D_0 + 2c_0 + e') = 3,14 \cdot 1,4 (6,0 + 2 \cdot 0,5 + 1,4) = 37,4 \text{ м}^2.$$

6. Высота столба грунта эквивалентная нагрузке, действующей на 1 м^2 поверхности основания верхней ступени устья, опирающейся на грунт

$$H = \frac{P'_p}{\gamma_r F_{гр}} = \frac{700}{1,8 \cdot 37,4} = 10,4 \approx 11 \text{ м.}$$

7. Высота участка крепи ниже основания верхней ступени устья, испытывающая максимальное горизонтальное давление от влияния основания

$$h_0 = (c'_y - c''_y) \operatorname{tg} \varphi = (1,9 - 0,5) 0,700 = 0,98 \approx 1,0 \text{ м.}$$

8. Давление на нижележащую крепь ствола от влияния основания верхней ступени устья будет

$$q_4 = \gamma_r (h_0 + H) \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = 1,8 (1 + 11) 0,271 = 5,9 \text{ т/м}^2.$$

9. Расчетная горизонтальная нагрузка, действующая на устье

$$q = m' (q_1 + q_2 + q_3 + q_4) = 1,2 (5,9 + 10,0 + 3,0 + 5,9) = 29,9 \approx 30 \text{ т/м}^2.$$

ж. Толщина крепи устья

1. Толщина крепи верхней ступени устья принимается равной ширине его основания.

2. Расчетное сопротивление бетона при расчетном пределе прочности его при сжатии $R_b = 65 \text{ кг/см}^2$ и коэффициенте условий работы $m' = 0,4$ составит

$$R_k = m' R_b = 0,4 \cdot 65 = 26 \text{ кг/см}^2 = 260 \text{ т/м}^2.$$

3. Толщина крепи устья на участке, соединяющем основание его верхней ступени с вершиной опорного венца по формуле Ляме будет

$$c''_y = \frac{D_0}{2} \left(\sqrt{\frac{R_k}{R_k - 2q}} - 1 \right) = \frac{6}{2} \left(\sqrt{\frac{260}{260 - 2 \cdot 30}} - 1 \right) = 0,42 \approx 0,5 \text{ м.}$$

4. По полученным основным размерам графически строим конструкцию устья (рис. 31, а и в) и затем производим его проверку на прочность.

з. Напряжения в грунтах, подстилающих основания устья

1. Максимальное напряжение сжатия в слое грунта подстилающем основание верхней ступени устья

$$\begin{aligned}\sigma'_{\max} &= \frac{4P'_p}{\pi(D_y^2 - D^2)} \left[1 + \frac{8Dy_t p}{D_y^2 + D^2} \right] = \\ &= \frac{4 \cdot 700}{3,14(9,8^2 - 7^2)} \left[1 + \frac{8 \cdot 9,8 \cdot 0,63}{9,8^2 + 7^2} \right] = 25,2 \text{ т/м}^2.\end{aligned}$$

2. Согласно НиТУ 127—55 наибольшее давление на грунт у края подошвы внецентренно нагруженного фундамента не должно быть более $1,2R'$ — расчетного сопротивления. Так как $\sigma'_{\max} > R'$, ($25,2 > 24,0 \text{ т/м}^2$) всего лишь на 5%, то слой грунта, подстилающий основание крепи верхней ступени устья вполне удовлетворяет условиям прочности на сжатие от действующей на него вертикальной нагрузки, передаваемой устьем.

3. Максимальное напряжение сжатия в слое грунта подстилающем основание опорного венца устья

$$\begin{aligned}\sigma'_{\max_1} &= \frac{4P''_p}{\pi(D_{y_1}^2 - D^2)} \left[1 + \frac{8D_{y_1} t_p}{D_{y_1}^2 + D^2} \right] = \\ &= \frac{4 \cdot 700}{3,14(9,2^2 + 7^2)} \left[1 + \frac{8 \cdot 9,2 \cdot 0,63}{9,2^2 + 7^2} \right] = 33 \text{ т/м}^2.\end{aligned}$$

4. Так как $\sigma'_{\max_1} > R''$ ($33 > 32 \text{ т/м}^2$) всего лишь на 3,5%, то слой грунта, подстилающий основание опорного венца устья удовлетворяет условиям прочности на сжатие от действующей на него вертикальной нагрузки.

и. Напряжения крепи устья

1. Максимальное напряжение сжатия материала кольцевой крепи устья в наиболее опасном сечении у основания опорного венца от действия вертикальной нагрузки

$$\begin{aligned}\sigma''_{\max} &= \frac{4P_p}{\pi(D^2 - D_0^2)} \left[1 + \frac{8Di_p}{D^2 + D_0^2} \right] = \\ &= \frac{4 \cdot 1400}{3,14(7^2 - 6^2)} \left[1 + \frac{8 \cdot 7 \cdot 0,63}{7^2 + 6^2} \right] = 194 \text{ т/м}^2.\end{aligned}$$

2. Максимальное напряжение сжатия материала крепи устья в наиболее опасном сечении от действия горизонтальной нагрузки

$$P''_{\max} = \frac{2qD^2}{L^2 - D_0^2} = \frac{2 \cdot 30 \cdot 7^2}{7^2 - 6^2} = 234 \text{ т/м}^2.$$

3. Так как $\sigma_{\max}^* < P_{\max}^* < R_k$ ($194 < 234 < 260 \text{ т/м}^2$), то крепь устья вертикального ствола в наиболее опасном сечении условию прочности на сжатие от действия вертикальной и горизонтальной расчетных нагрузок удовлетворяет.

4. Собственный вес крепи одноступенчатовенцового устья составит (см. рис. 31)

$$Q = \pi \gamma_k \left[c_y'' (D_0 + c_y'') h + e' (D_0 + 2c_y' + e') h' + e'' (D_0 + 2c_0 + e'') \frac{1}{2} (h_b + b) \right] = 3,14 \cdot 2,3 \left[0,5 (6 + 0,5) 12 + 1,4 (6 + 2 \cdot 0,5 + 1,4) 2 + 1,1 (6 + 2 \cdot 0,5 + 1,1) \frac{1}{2} (1,8 + 0,4) \right] = 520 \text{ т.}$$

5. Так как определенный собственный вес крепи устья соответствует принятому, то отпадает необходимость внесения в расчет соответствующих поправок на изменение собственного веса крепи устья.

к. Проверка крепи устья на сопротивление разрыву

1. Собственный вес крепи устья вертикального ствола ниже его верхней ступени

$$Q_1 = \pi \gamma_k \left[c_y'' (D_0 + c_y'') h_p + \frac{1}{2} e'' (D_0 + 2c_y' + e'') (h_b + b) \right] = 3,14 \cdot 2,3 \left[0,5 (6 + 0,5) 10 + \frac{1}{2} 1,1 (6 + 2 \cdot 0,5 + 1,1) (1,8 + 0,4) \right] = 300 \text{ т.}$$

2. Вес грунта, залегающего над опорным венцом устья

$$Q_2 = \pi \gamma_g \left(h_p - \frac{3}{4} h_b \right) (D_0 + 2c_y' + e'') e'' = 3,14 \cdot 1,8 \left(10 - \frac{3}{4} 1,8 \right) (6 + 2 \cdot 0,5 + 1,1) 1,1 = 436 \text{ т.}$$

3. Разрывное усилие крючьев временной крепи, заделываемых в устье, при пределе прочности стали крючьев $\sigma_c = 30\,000 \text{ т/м}^2$, количестве крючьев $n_k = 12$ и их диаметре $d = 0,03 \text{ м}$

$$Q_3 = \frac{\pi d^2}{4} \sigma_c n_k = \frac{3,14 \cdot 0,03^2}{4} 30\,000 \cdot 12 = 316 \text{ т.}$$

4. Максимальное возможное разрывное усилие, действующее на крепь устья в период проходки лежащего под ним верхнего участка ствола

$$Q_p = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 300 + 436 + 316 \approx 1050 \text{ т.}$$

5. Расчетное сопротивление бетона на растяжение при расчетном пределе прочности его растяжению $R_{б.р} = 5,2 \text{ кг/см}^2$ и коэффициенте условий работы $m'' = 0,8$ составит

$$R_p = m'' R_{б.р} = 0,8 \cdot 5,2 = 4,2 \text{ кг/см}^2 = 42 \text{ т/м}^2.$$

6. Необходимая толщина бетонной крепи устья в наиболее опасном сечении будет

$$c_y = \sqrt{\frac{D_0^2}{4} + \frac{Q_p}{\pi R_p}} - \frac{D_0}{2} = \sqrt{\frac{6^2}{4} + \frac{1050}{3,14 \cdot 42}} - \frac{6}{2} = 1,1 \text{ м.}$$

7. Так как $c_y > c_y''$ ($1,1 > 0,50 \text{ м}$), то толщина крепи устья в наиболее опасном сечении условию прочности на сопротивление разрыву не удовлетворяет и ее необходимо или увеличивать, или армировать стальной арматурой. Оставляем определенную из условия прочности при сжатии толщину крепи устья $c_y'' = 0,5 \text{ м}$, а для восприятия в ней растягивающих напряжений в период производства работ по проходке верхнего участка ствола, лежащего под ней, производим армирование продольной стальной арматурой.

л. Расчет арматуры

1. Считаем, что все растягивающие напряжения, возникающие в крепи устья, воспринимаются стальной арматурой. Расчетное сопротивление арматурной стали на растяжение при армировании крепи устья арматурой из стали Ст-3 с расчетным пределом прочности на растяжение $R'_a = 2800 \text{ кг/см}^2$ и коэффициенте условий работы $m''' = 0,55$ составит

$$R_a = m''' R'_a = 0,55 \cdot 2800 = 1375 \text{ кг/см}^2 = 13\,750 \text{ т/м}^2.$$

2. Площадь поперечного сечения одного стержня продольной арматуры при его диаметре 25 мм составит

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,025^2}{4} = 0,00049 \text{ м}^2.$$

3. Площадь поперечного сечения всей продольной арматуры

$$F_a = \frac{Q_p}{R_a} = \frac{1050}{14\,000} = 0,075 \text{ м}^2.$$

4. Необходимое количество стержней продольной арматуры в сечении крепи устья

$$n_a = \frac{F_a}{S} = \frac{0,075}{0,00049} = 153 \approx 160.$$

5. Армирование кольцевого сечения крепи устья производим двумя рядами продольной арматуры: внутренним и внешним. Количество стержней продольной арматуры во внутреннем и внешнем рядах принимаем равным

$$n'_a = n''_a = \frac{n_a}{2} = \frac{160}{2} = 80.$$

6. Расстояние между стержнями продольной арматуры: во внутреннем ряду

$$l' = \frac{\pi D_0}{n'_a} = \frac{3,14 \cdot 6,0}{80} = 0,236 \text{ м};$$

во внешнем ряду

$$l'' = \frac{\pi (D_0 + 2c_y)}{n''_a} = \frac{3,14 (6,0 + 2 \cdot 0,5)}{80} = 0,275 \text{ м}.$$

7. Площадь наименьшего сечения крепи устья

$$F_k = \pi c_y' (D_0 + c_y'') = 3,14 \cdot 0,5 (6,0 + 0,5) = 10,2 \text{ м}^2.$$

8. Коэффициент армирования

$$\epsilon = \frac{F_a}{F_6} = \frac{F_a}{F_k - F_a} = \frac{0,075}{10,2 - 0,075} = 0,0073$$

или 0,73% от площади сечения бетона, что вполне достаточно.

9. Поперечную кольцевую арматуру конструктивно принимаем двухрядной диаметром 20 мм с расстоянием между кольцами по вертикали 30 см.

м. Расчет по образованию и раскрытию трещин

1. Расчет по образованию трещин в растянутой зоне железобетонной крепи устья, вдоль его продольной оси, производится по формуле

$$\begin{aligned} Q'_p &\leq m R'_p F_6 \left(1 + 2n_0 \frac{F_a}{F_6} \right) = \\ &= 1,9 \cdot 52 \cdot 10,125 \left(1 + 2 \cdot 12,75 \frac{0,075}{10,125} \right) \cong 1200 \text{ т}. \end{aligned}$$

Так как $Q'_p > Q_p$ ($1200 > 1050$), то принятая конструкция крепи устья является устойчивой на образование трещин.

2. Определяем расстояние между трещинами в конструкции крепи устья:

$$l_m = \frac{U}{U_1} = \frac{0,006}{0,0074} = 0,8 \text{ м};$$

$$U = \frac{F_a}{S} = \frac{0,075}{12,56} = 0,006;$$

$$U_1 = \frac{F_a}{F_6} = \frac{0,075}{10,125} = 0,0074.$$

3. Ширина раскрытия трещин в крепи устья вертикального ствола составит

$$a = \psi \frac{\sigma_a}{E_a} l_m = 0,33 \frac{14\,000}{21\,000\,000} 0,8 = 0,00017 \text{ м} = 0,17 \text{ мм}.$$

Так как ширина раскрытия трещин в крепи устья меньше нормативной ($0,17 \text{ мм} < 0,2 \text{ мм}$), то конструкция крепи устья удовлетворяет условию нераскрытия трещин.

Приведенный в настоящей работе метод расчета позволяет с достаточной для практических целей точностью определять размеры крепи устьев вертикальных стволов и избежать тем самым их аварий вследствие недостаточной прочности, а также излишнего расхода материалов и рабочей силы на их возведение вследствие излишней (не вызываемой условиями работы) их прочности.

Глава III

СООРУЖЕНИЕ УСТЬЕВ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ

Устья сооружаются независимо от принятого способа проходки стволов. Выбор способа сооружения устьев вертикальных стволов на проектную глубину зависит в основном от пересекаемых устьем горных пород, степени их обводненности, а также от принятой для данных условий конструкции устья.

В зависимости от геологических и гидрогеологических условий залегания горных пород устья могут сооружаться:

в горных породах, обладающих достаточной прочностью и устойчивостью;

в слабых — неустойчивых и обводненных горных породах.

В первом случае сооружение устьев стволов не представляет затруднений и производится обычным способом.

Во втором случае сооружение устьев представляет значительные трудности и осуществляется в зависимости от конкретных геологических и гидрогеологических условий одним из специальных способов: с применением забивной или опускной крепи водопонижения, замораживания или под сжатым воздухом.

Ниже рассматриваются вопросы организации подготовительных работ, а также методы и способы сооружения устьев стволов в различных горногеологических условиях.

1. Подготовительные работы при сооружении устьев

Устья стволов сооружаются или с применением специального оборудования (комплекса оборудования КППШ) или с применением обычного проходческого оборудования, предназначенного для проходки стволов на полную глубину.

В первом случае сооружение устьев вертикальных стволов производится в подготовительный период строительства шахты, во втором случае — по окончании подготовительных работ, т. е. в основной период строительства шахты.

В обоих случаях до начала сооружения устьев обычным способом, так же как и при проходке стволов, обязательно должны быть выполнены подготовительные работы, к которым относятся:

снос или перебазирование зданий и сооружений, находящихся на территории строительной площадки, а в лесистой местности — вырубка леса и корчевка пней;

осушение промплощадки в заболоченной местности, черновая планировка и отвод поверхностных вод;

строительство постоянных или временных: автодорог, линий электропередачи и связи, организация временного водоснабжения;

подготовка площадки и навеса для складирования строительных материалов, строительство кладовой для инструмента, мелкого оборудования и материалов, строительство и оборудование бетонорастворного узла;

размещение рабочих-строителей, необходимых для сооружения устьев и дальнейшего проведения подготовительных работ;

обеспечение промплощадки необходимым автотранспортом, завод на нее оборудования и строительных материалов, необходимых для сооружения устьев;

установка, подключение к электросети и опробование вхолостую и под нагрузкой всего передвижного оборудования, предназначенного для проходки устьев;

вынос центра и разбивка осей стволов.

При сооружении устьев обычным способом в подготовительный период с применением временных проходческих копров, подъемных машин и другого проходческого оборудования до начала проходки устьев должны быть выполнены следующие работы:

сборка инвентарных, установка передвижных или перевозных временных зданий и сооружений, а также строительство постоянных зданий и сооружений, используемых для сооружения устьев (электростанция, компрессорная, здания подъемных машин, мехмастерская и другие);

монтаж временного проходческого или постоянного оборудования, используемого для сооружения устьев: проходческих копров, подъемных машин, тихоходных проходческих лебедок, компрессоров, электротрансформаторов и другого необходимого оборудования и опробование его вхолостую и под нагрузкой;

заготовка, сборка, установка рамы-шаблона при сооружении устьев с ее применением и разбивка устьев при их сооружении без применения рамы-шаблона;

заготовка на полную высоту устьев, колец, крючьев и скреплений временной крепи, их выправление, предварительная сборка и маркировка, а также заготовка на полную глубину устьев

досок для затяжки стенок и устройства передовых колодцев при проходке в слабых водоносных породах;

заготовка на полную глубину устьев шаблонов металлической инвентарной опалубки, их выправление, предварительная сборка и маркировка;

заготовка стальной арматуры, необходимой для сооружения устьев на полную глубину;

заготовка в соответствии с проектом временных деревянных рам, устанавливаемых в местах проемов для каналов, а также ящиков, оставляемых в местах установки расстрелов, подкопровых или подстанковых рам и анкерных болтов.

При сооружении устьев специальными способами, кроме подготовительных работ, указанных выше, до начала сооружения устьев также должны быть выполнены все специальные подготовительные работы, связанные с сооружением устьев специальным способом.

К проходке устьев следует приступать только после полного окончания всех необходимых подготовительных работ, предусмотренных оргстройпроектом.

В подготовительный период строительства шахты целесообразно сооружать устья стволов, проходка которых осуществляется некоторыми специальными способами (бурением, поджатым воздухом, замораживанием). При проходке стволов бурением оборудование, необходимое для сооружения устьев и проходки стволов, а также методы производства работ по проходке устьев и стволов весьма различны; в таких случаях целесообразно устья стволов сооружать в подготовительный период строительства шахты.

В подготовительный период необходимо также сооружать устья стволов в тех случаях, когда без них не могут быть закончены подготовительные работы к проходке стволов, например, способом замораживания и когда между окончанием проходки устьев и началом проходки стволов имеется большой разрыв времени.

При проходке стволов обычным способом и некоторыми специальными способами (тампонированием из забоя ствола), где применяется одинаковое оборудование и одинаковые методы работ по сооружению устьев и проходке стволов и где нет разрыва во времени между окончанием сооружения устьев и началом проходки стволов — устья целесообразно сооружать в основной период строительства шахты, после окончания оснащения стволов оборудованием.

В этом случае обеспечиваются максимальные темпы, как сооружения устьев, так и проходки стволов при минимальной стоимости производства работ за счет повышения общих темпов и устранения разрыва во времени между окончанием сооружения устьев и началом проходки стволов.

2. Оборудование для сооружения устьев

Для сооружения устьев вертикальных стволов используется как специальное проходческое оборудование (комплекс КПШ), так и обычное проходческое оборудование, применяемое при проходке стволов.

Комплекс передвижного проходческого оборудования КПШ предназначен для проходки устьев глубиной до 30 м. Проходка устьев с применением КПШ может производиться при отсутствии на промплощадке электроэнергии.

В комплекс передвижного проходческого оборудования КПШ входят:

кран-экскаватор Э-255 на колесном ходу с приводом от дизеля Д-54 грузоподъемностью 1,5 т, оборудованный стрелой длиной 11 м;

передвижной компрессор ЗИФ-55 производительностью 5,3 м³/мин при давлении 6 атм;

передвижной разгрузочный бункер емкостью 7 м³ для перегрузки породы в автосамосвалы;

универсальная рама-шаблон для проходки устьев вертикальных стволов диаметром в черне 7—10 м;

две проходческие бады емкостью по 0,6 м³ для выдачи породы из забоя краном-экскаватором Э-255;

два пневматических насоса НПП-1м для откачки воды из забоя при проходке устья;

восемь отбойных молотков ОМСП-5 и два пневмолома ПЛ-1 для выемки породы в забое.

В комплекс проходческого оборудования при сооружении устьев глубиной более 8 м от поверхности земли включают дополнительно: пневматический грузчик БЧ-1у или БЧ-3 и пневматическую лебедку Ч-2 для его подвески.

Комплекс передвижного проходческого оборудования по сравнению с обычным временным проходческим оборудованием имеет следующие достоинства:

возможность быстро приступить и вести работы по сооружению устьев без проведения длительных подготовительных работ, особенно при отсутствии на промплощадке электроэнергии;

возможность механизации работ при сооружении устьев по рыхлению пород, их подъему и водоотливу без монтажа соответствующего временного проходческого оборудования (подъемных машин и компрессоров).

К недостаткам комплекса передвижного проходческого оборудования относятся:

низкая производительность, большая трудоемкость работ и невозможность получения с его помощью высоких темпов проходки и возведения постоянной крепи устьев;

недостаточная безопасность работ по сравнению с работой обычным проходческим оборудованием;

неизбежный длительный перерыв между окончанием работ по сооружению устьев и началом проходки стволов, связанный с монтажом проходческого копра и другого временного проходческого оборудования, монтируемого после сооружения устья.

Кроме изложенных недостатков, работа крана-экскаватора Э-255 по подъему породы и спуску материалов, по сравнению с подъемом обычными временными проходческими лебедками и подъемными машинами, также имеет ряд серьезных недостатков: неудобство погрузки породы из забоя устья с противоположной стороны от места установки крана-экскаватора Э-255, в связи с чем даже при сравнительно небольшом сечении устьев приходится применять двухкратную, а при большем сечении — трехкратную перекидку породы;

частые сплетения двух ветвей подъемного каната крана-экскаватора, работающего через блок и значительные затраты времени на расплетение, а также на успокоение бадьи;

низкая производительность подъема краном-экскаватором Э-255, не позволяющая проходить устья особенно большого сечения высокими темпами.

Недостатки комплекса КПШ и подъема краном-экскаватором Э-255 значительно ограничивают их применение при сооружении устьев.

В практике шахтного строительства при сооружении устьев в подготовительный период иногда вместо крана-экскаватора Э-255 применяют автомобильный кран К-51 или кран-деррик. Это оборудование, как менее совершенное по сравнению с краном-экскаватором Э-255, в дальнейшем к применению в качестве самостоятельного подъемного оборудования не рекомендуется.

В отдельных случаях целесообразно дополнительно к комплексу передвижного оборудования КПШ использовать автомобильный кран К-51 для подвески к нему пневматического грузчика БЧ-1у или БЧ-3.

Комплекс обычного временного проходческого оборудования, предназначенный для проходки стволов и используемый для сооружения их устьев, состоит из:

временных трубчатых стальных проходческих копров конструкции УкрНИИОМШСа;

временных проходческих лебедок и подъемных машин с бадьями емкостью 1,0—1,5 м³ для подъема породы и спуска материалов;

временных (стационарных) компрессоров: типа 2Р-20/8 производительностью 20 м³/мин или типа В-3000-2К производительностью 40 м³/мин при давлении 8 атм для обеспечения работ в забое сжатым воздухом;

пневматических лебедок Ч-2 и пневмогрузчиков БЧ-1у для механизации погрузки породы в бадьи;

пневматических отбойных молотков типа ОМСП-5 и пневмолетов ПЛ-1 для разрыхления породы при ее выемке без применения буровзрывных работ или бурильных машин ОМ-506, ПР-30ЛС и др. при выемке породы с применением буровзрывных работ;

механизированного сборно-разборного бетонорастворного узла, оборудованного одной или двумя бетономешалками емкостью по 425 л и одной растворомешалкой емкостью 325 л для приготовления бетона и раствора (при отсутствии и нецелесообразности строительства центрального бетонного завода);

вентилятора «Проходка-500» для проветривания забоя устья, пневматических насосов НПП-1м для водоотлива и другого проходческого оборудования, предназначенного для проходки стволов и используемого для сооружения устьев.

Применение для сооружения устьев обычного временного проходческого оборудования, предназначенного для проходки стволов, по сравнению с комплексом КПШ имеет следующие преимущества:

отсутствуют дополнительные затраты на приобретение специального оборудования (КПШ);

обеспечивается механизация погрузки породы в бады с самого начала работ;

обеспечивается большая безопасность и надежность работы проходческого подъема по сравнению с подъемом краном-экскаватором Э-255;

отсутствуют перерывы в работе между окончанием сооружения устья и началом проходки ствола, вызванные его переоснащением оборудованием по окончании проходки устья комплексом КПШ;

достигается большая производительность и меньшая трудоемкость работ в забое, что обеспечивает возможность получения высоких темпов проходки и возведения постоянной крепи устьев, а также меньшую их себестоимость.

К недостаткам обычного временного проходческого оборудования, используемого для сооружения устьев стволов, относятся:

необходимость проведения до начала сооружения устья более трудоемких и значительно более длительных (в три-четыре раза) подготовительных работ;

невозможность сооружения устья без предварительного обеспечения промплощадки постоянным источником электроэнергии;

невозможность быстро приступить к сооружению устьев стволов в тех случаях, когда это вызывается производственной необходимостью, например, при проходке вертикальных стволов некоторыми специальными способами (бурением, замораживанием, под сжатым воздухом).

Сравнивая между собой преимущества и недостатки обычного проходческого оборудования и комплекса специального оборудования КПШ, можно рекомендовать следующее.

Обычное временное проходческое оборудование, предназначенное для проходки стволов, применяется также для сооружения устьев во всех случаях, когда отсутствует разница между ними в технологии работ и в оснащении основным оборудованием.

Специальный комплекс передвижного оборудования КПШ применяется для сооружения устьев при проходке стволов специальными способами (бурением, под сжатым воздухом и замораживанием), при которых имеется значительная разница в оборудовании и технологии работ по проходке стволов и сооружению их устьев, или значительный разрыв во времени между окончанием сооружения устьев и началом проходки стволов, вызванный производством специальных подготовительных работ.

3. Схемы сооружения устьев обычным способом

Сооружение устьев стволов обычным способом осуществляется с временным креплением или без него.

Существуют три основные схемы сооружения устьев обычным способом, две из которых осуществляются с применением временной крепи.

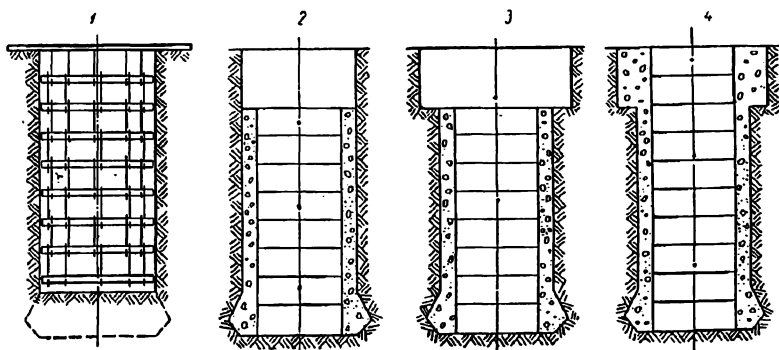


Рис. 32. Очередность сооружения устья вертикального ствола по I схеме:
1—4 — последовательность работ

I схема (рис. 32) сооружения устьев предусматривает перед началом проходки настилку на поверхности рамы-шаблона и подвеску к ней в процессе проходки колец временной крепи. Выемка породы при этой схеме производится сразу на полную глубину при ступенчатых или одновенцовых конструкциях устья, или на глубину одного участка при двухвенцовых конструкциях.

По окончании выемки породы возводится опорный венеч и постоянная бетонная или железобетонная крепь в направлении снизу вверх до верхней отметки устья.

При сооружении устьев по этой схеме в плотных и устойчивых породах временная крепь извлекается по мере возведения постоянной бетонной или железобетонной крепи отдельными кольцами и выдается на поверхность. При сооружении устьев по этой схеме в легко отслаивающихся или неустойчивых породах временная крепь не извлекается и оставляется за постоянной крепью.

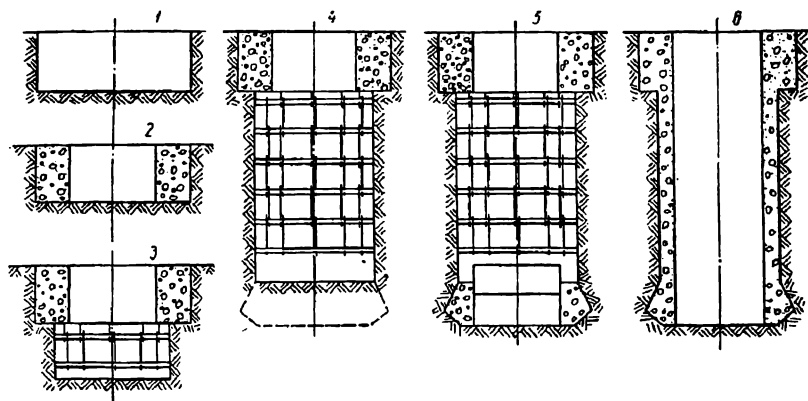


Рис. 33. Очередность сооружения устья вертикального ствола по II схеме:
1—6 — последовательность работ

Установка основной проходческой рамы производится по окончании проходки и возведения постоянной крепи устья на всю глубину.

Эта схема производства работ применяется при ступенчатых и венцовых конструкциях устьев, при применении в качестве постоянной крепи монолитного бетона или железобетона и при глубине заложения нижнего основания устьев не более 10—12 м от поверхности земли.

II схема (рис. 33) сооружения устьев отличается от первой тем, что вместо рамы-шаблона сооружается верхний ступенчатый участок устья из монолитного бетона или железобетона, в который заделываются крючья временной крепи. При этой схеме производства работ сначала отрывается котлован на глубину верхнего ступенчатого участка устья, затем в нем устанавливается опалубка и заделываются крючья временной крепи. За опалубку укладывается бетон, в состав которого вводятся ускорители схватывания. По окончании отстайвания бетона в течение суток проходка устья возобновляется с применением временной крепи. По окончании проходки устья с временной крепью

на полную глубину, проходка приостанавливается и возводится постоянная бетонная или железобетонная крепь в направлении снизу вверх.

В слабых породах временная крепь остается за постоянной. В плотных устойчивых породах временную крепь удаляют отдельными кольцами по мере возведения постоянной крепи устья.

Установка основной проходческой рамы при этой схеме производства работ осуществляется после окончания проходки и возведения постоянной крепи верхнего ступенчатого участка устья.

II схема производства работ применяется при сооружении ступенчатовенцовых конструкций устьев при применении в качестве постоянной крепи монолитного бетона или железобетона.

Вторая схема сооружения устьев является наиболее рациональной по сравнению с первой схемой и ее следует применять во всех случаях, где это позволяют горногеологические условия и конструкция устьев.

III схема производства работ по сооружению устьев — открытым котлованом. Эта схема применяется при сооружении ступенчатых конструкций устьев в устойчивых горных породах при применении в качестве постоянной крепи монолитного бетона или железобетона и при глубине заложения нижнего основания устья, не превышающей 3—4 м от поверхности земли.

Эта схема является также вспомогательной при сооружении верхних ступенчатых участков устьев по II схеме.

4. Организация работ при сооружении устьев обычным способом

При сооружении устьев обычным способом работы ведутся в четыре шестичасовых смены при непрерывной рабочей неделе комплексными бригадами проходчиков, которые осуществляют все работы, как по выемке пород, так и по креплению. Обычно комплексные проходческие бригады делятся на сменные звенья в составе 10—15 и более проходчиков в каждом (без подменных рабочих) в зависимости от сечения устьев. На каждого работающего проходчика обычно приходится 2,5—3,5 м² площади поперечного сечения устья в свету.

Работы по проходке и возведению постоянной крепи устьев осуществляются, как правило, отдельными участками — последовательным способом, по заранее разработанным графикам цикличности, предусматривающим выполнение одного-двух (а иногда и более) циклов в сутки, как и при проходке стволов.

При сооружении устьев в слабых породах выемка породы осуществляется обычными лопатами, пневмолопатами, отбойными молотками, пневмоломами, а погрузка — пневмогрузчиками БЧ-1у или БЧ-3.

При сооружении устьев вертикальных стволов с применением комплекса передвижного оборудования КПШ по схеме I вначале устанавливается рама-шаблон; первые 3 м устья от поверхности земли проходятся открытым котлованом и крепятся временной крепью. Рама-шаблон перекрывается настилом с рас-трубом для прохода бадьи и лядами лестничного лаза для

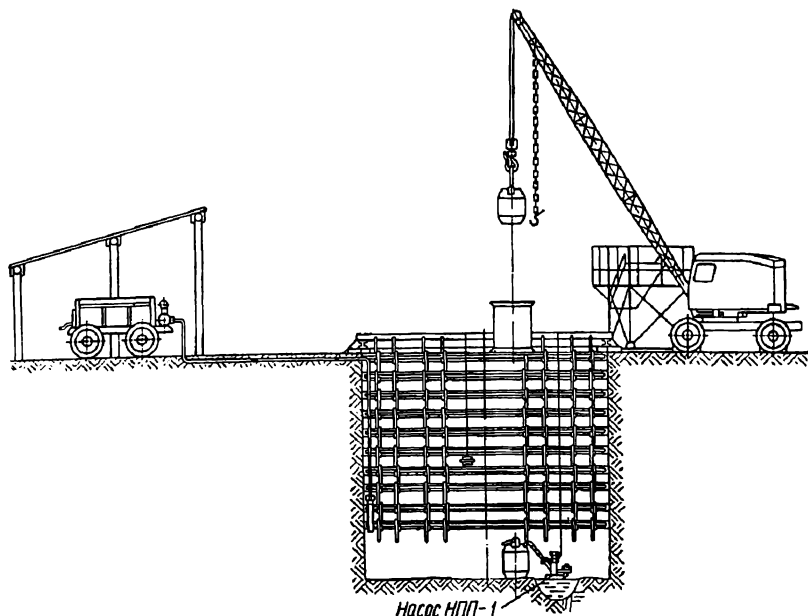


Рис. 34. Схема проходки устья ствола с применением комплекса передвижного оборудования

рабочих. После перекрытия рамы-шаблона настилом, дальнейшая проходка устья ведется с подъемом породы краном-экскаватором Э-255 в бадьях емкостью $0,6 \text{ м}^3$ (рис. 34). В работе обычно находятся две бадьи. Поднятые на поверхность краном-экскаватором, бадьи разгружаются в бункер, откуда порода поступает в автосамосвалы и транспортируется в отвал.

При сооружении устьев с применением КПШ по II схеме первые 3 м устья, как и в предыдущем случае, проходятся открытым котлованом и крепятся бетоном или железобетоном. На постоянной крепи монтируется основная проходческая рама, на ней устраивается настил и дальнейшая проходка устья ведется с подъемом породы краном-экскаватором, как и в предыдущем случае. Погрузка породы производится лопатами вручную на всю глубину проходки устья или до глубины 8 м от

поверхности земли и далее может производиться пневмогрузчиками БЧ-1у или БЧ-3.

При сооружении устьев с временных проходческих копров и с применением для подъема временных подъемных машин, выемка и погрузка породы при всех трех схемах сооружения устьев может сразу осуществляться при помощи пневмогрузчиков БЧ-1у или БЧ-3, которые подвешиваются к блокам, установленным на подшивной площадке проходческого копра. Пневмогрузчики БЧ-1у и БЧ-3 хорошо внедряются в слабые и средней плотности песчаные и глинистые породы. без их предварительного рыхления отбойными молотками и пневмоломами. В плотных слежавшихся песчаных и глинистых породах требуется их предварительное рыхление пневмоломами ПЛ-1 или отбойными молотками ОМСП-5. Для повышения производительности проходчиков рекомендуется применять спаренную их работу на отбойных молотках или пневмоломах. Выемка породы без применения буровзрывных работ производится заходками на глубину 0,2—0,3 м от центра устья к его периферии.

При сооружении устьев в выветрелых кристаллических или осадочных горных породах применяются буровзрывные работы. Шпур бурят бурильными машинами ОМ-506, ПР-30ЛС и др. на глубину 1,2—1,5 м. Количество шпуров на забой назначается из расчета 1,0—1,5 м² площади забоя на один шпур. В качестве ВВ применяется 62%-й труднозамерзающий динамит или скальный аммонит. Взрывание производится детонаторами мгновенного и замедленного действия от электрической сети напряжением 120 или 210 в.

Временное крепление устьев осуществляется стальными кольцами из швеллеров №№ 20а; 22а; 24а, в зависимости от диаметра устьев и устойчивости пересекаемых пород. Расстояние между кольцами временной крепи обычно 1,0 м; кольца подвешиваются на стальные крючья прямоугольной или зетообразной формы диаметром 30—32 мм. Для жесткости кольца распираются металлическими стойками из труб диаметром 100 мм. Установка колец временной крепи производится параллельно с работами по выемке породы. Отставание временной крепи от забоя более чем на одно кольцо не допускается. При возведении постоянной крепи кольца временной крепи в подавляющем большинстве случаев оставляются за постоянной крепью, во избежание вывалов и обрушения горных пород. Затяжки из досок, по мере бетонирования, частично вынимаются и удаляются.

По окончании проходки участка устья комплексная бригада приступает к возведению постоянной бетонной или железобетонной крепи. Бетон применяется марки 150 или 200, арматура из стали марок Ст.3 или Ст.5, диаметр стержней 12—35 мм. Опалубка деревянная или стальная — инвентарная из заранее заготовленных на поверхности сегментов, собираемых на болтах.

Бетон готовится на поверхности в бетонорастворном узле. Транспортирование бетона до устья производится автосамосвалами. У устья бетон из автосамосвалов поступает в металлическую течку-ящик и из него по металлическим трубам диаметром 300 мм — в металлический ящик, установленный на полке, откуда лопатами забрасывается за опалубку. Весьма трудоемкую ручную операцию по забрасыванию лопатами бетона за опалубку можно легко механизировать путем подачи бетона за опалубку непосредственно с поверхности по трубам.

Перед производством работ по бетонированию опорных венцов или нижнего основания ступенчатого устья обычно устанавливается нормальное кольцо временной крепи и стальные крючья, которые заделываются в бетон; устанавливается стальная арматура и опалубка, после чего производится укладка бетона. По окончании бетонирования одного кольца опалубки на него устанавливаются сегменты второго кольца и на них настилается временный дощатый полук, с которого производится установка стержней арматуры, перемещение наклонных труб при укладке из них бетона за опалубку и вибрирование бетона. Аналогично производится установка и бетонирование третьего и последующих колец опалубки.

Установка временной крепи при проходке и установке опалубки при возведении постоянной крепи производится по центральному отвесу и четырем боковым отвесам, спускаемым с основной рамы.

Водоотлив при сооружении устьев осуществляется насосами НПП-1м в бадьи или по резиновому шлангу непосредственно на поверхность.

Для вентиляции применяются вентиляторы частичного проветривания «Проходка-500» и металлические или текстолитовые трубы диаметром 400—500 мм.

Сжатый воздух в забой устья подается по прорезиненным трубам диаметром 62,5 мм от временной проходческой компрессорной станции или от передвижных компрессорных станций небольшой производительности (4,5—6,0 м³/мин).

Подъем породы из забоя и спуск материалов при сооружении устьев с применением комплекса оборудования КПШ, производится краном-экскаватором Э-255 в бадьях емкостью 0,6 м³; при сооружении устья с применением проходческих копров и обычного проходческого оборудования — временными подъемными машинами в бадьях емкостью 1,0—1,5 м³.

Транспортирование породы и материалов осуществляется обычно автосамосвалами грузоподъемностью 3,5 т.

Сооружение устьев, как правило, производится в слабых, часто обводненных горных породах, представляющих значительные затруднения при проходке. Вследствие неудовлетворительной подготовки к проходке устьев, неправильного ведения горнопроходческих работ, а также, в ряде случаев, в результате

неудачно выбранной конструкции устьев и недостаточной прочности крепи при сооружении устьев имеют место аварии. В последние годы такими авариями сопровождалась проходка более 15% всех устьев вертикальных стволов.

Иногда аварии возникают после окончания проходки и крепления устьев постоянной крепью: при проходке верхних участков стволов, непосредственно залегающих под устьями.

Непосредственными причинами аварий устьев являются нарушение сплошности пород и повышенное горное давление, вызванное вымыванием и выносом в забой рыхлых водоносных песчаных пород; набуханием и вспучиванием слабых глинистых пород, их отслаиванием, сползанием и обрушением в забой, что в некоторых случаях приводит к сдвигению горных пород вокруг устья.

Аварии, происходящие в процессе проходки устьев, сопровождаются значительной деформацией, а иногда и разрушением временной крепи, с обрушением боковых горных пород в забой устья.

Аварии, происходящие после окончания проходки и возведения постоянной крепи устьев, в частности при проходке участков стволов, залегающих непосредственно под устьями, сопровождаются сползанием и обрушением боковых пород в забой ствола ниже постоянной крепи устья, образованием за постоянной бетонной или железобетонной крепью устья пустот, защемлением верхней части крепи устья породами и зависанием нижней части крепи, приводящим к образованию и раскрытию в ней трещин, а в некоторых случаях к деформации и обрыву бетонной крепи устья.

Для обеспечения безаварийной работы по проходке устьев в проектах организации работ и при их производстве необходимо предусматривать:

контрольное бурение до начала работ по сооружению устьев; выбор наиболее рациональной для данных горногеологических условий конструкции устьев;

тщательное проведение в полном объеме всех подготовительных работ, предусмотренных оргстройпроектом проходки устьев, и обеспечение площадки до начала работ необходимой рабочей силой, материалами, оборудованием и энергией;

переход, в случае тяжелых гидрогеологических условий залегания покровных пород, на соответствующие специальные способы проходки устьев;

правильный порядок ведения горнопроходческих работ, исключая простои в работе и обеспечивающий непрерывность сооружения устьев во времени, в соответствии с графиком организации работ;

тщательное производство работ по установке временной крепи, исключая ее отставание от забоя в плотных породах

более чем на одно кольцо, а также тщательная забутовка имеющихся за крепью пустот;

переход, при повышенном боковом горном давлении, на усиленную временную крепь устьев, состоящую из колец швеллерных балок большего чем обычно номера (более № 22а) с уменьшенным расстоянием между кольцами до 0,6—0,7 м;

применение в водоносных, легкоразмывающихся песчаных и песчано-глинистых породах, обладающих подвижностью, деревянной косой забивной крепи с тщательной пробивкой и уплотнением посада;

применение в забоях, при наличии притока воды в слабых породах, передовых колодцев для сбора и откачки воды;

организацию водоотливного хозяйства и бесперебойность его работы, исключающую возможность подтопления забоя при проходке устья.

Для обеспечения безаварийной работы по возведению постоянной крепи устьев и по проходке верхних участков стволов необходимо обеспечивать:

прочные размеры крепи устьев, рассчитанные из условия прочности на раскрытие и образование трещин, а также сопротивление разрыву крепи устья при защемлении ее верхней части;

непрерывность работ по возведению постоянной бетонной или железобетонной крепи устьев;

тщательное тампонирование всех трещин и пустот, образовавшихся в период сооружения устья;

устройство оснований ступеней и опорных венцов устья по возможности в более плотных и устойчивых породах;

применение при бетонировании в необходимых количествах ускорителей твердения (хлористого кальция и гипса);

оставление в слабых, отслаивающихся породах, при возведении постоянной крепи устья — временной крепи.

По окончании возведения постоянной крепи устья, проходка верхнего участка ствола должна осуществляться с точным соблюдением всех изложенных выше мероприятий, несоблюдение которых как при проходке устьев, так и при проходке непосредственно залегающих под ними верхних участков стволов, может привести к значительным авариям.

5. Сооружение устья вентиляционного ствола шахты № 2 «Мушкетовская-Заперевальная» с применением комплекса передвижного оборудования КПШ

Устье вентиляционного ствола шахты № 2 «Мушкетовская-Заперевальная» было запроектировано одноступенчатовенцовой конструкции и осуществлено одноступенчатотрехвенцовой конструкции (рис. 35). Диаметр устья в свету 6 м. Крепь железобетонная толщиной 0,6 м.

Венцы двухконические, их основные размеры приведены в табл. 13.

Таблица 13

Наименование	Глубина заложения от нулевой отметки устья, м	Основные размеры, м	
		ширина	высота
Верхняя ступень устья	- 2,00	1,8	2,0
Верхний опорный венец	- 5,30	1,6	1,5
Средний опорный венец	-12,00	1,4	1,5
Нижний опорный венец	-19,30	1,4	1,5

Сооружение устья вентиляционного ствола производилось в подготовительный период, до установки временного проходческого копра, с применением комплекса передвижного оборудования КПШ.

В подготовительный период, до начала сооружения устья вентиляционного ствола на строительной площадке был построен бетонорастворный узел, подготовлены площадки для склади-

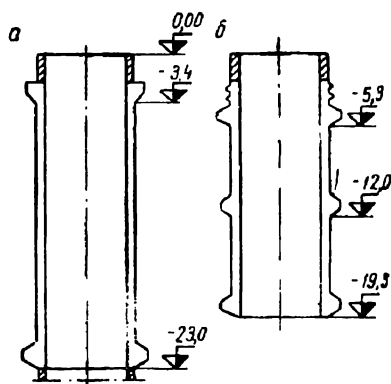
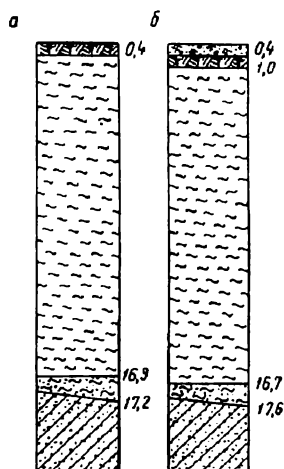


Рис. 35. Конструкции устья вентиляционного ствола шахты № 2 «Мушкетовская-Заперевальная»: а — проектная, б — фактическая



Условные обозначения

- | | | | |
|--|-------------------|--|----------------|
| | Растительный слой | | Насыпной грунт |
| | Глина | | Песчаник |
| | Глина песчаная | | |

Рис. 36. Геологические разрезы по устью вентиляционного ствола шахты № 2 «Мушкетовская-Заперевальная»:

а — по геологическим скважинам, б — фактический

рования строительных материалов, подведена электроэнергия и вода, завезены необходимые для сооружения устья строительные материалы и установлен у устья комплекс передвижного оборудования: КПШ и два пневмогрузчика БЧ-1у.

В центре устья и за его пределами по углам равностороннего треугольника были пробурены четыре разведочные скважины глубиной 18,2—43,5 м. Полученные данные контрольного бурения почти совпали с фактическими данными, полученными при сооружении устья (рис. 36).

По окончании подготовительных работ приступили к сооружению устья, которое осуществлялось комплексной бригадой проходчиков в составе 26 чел. (включая и подменных рабочих).

Работы по сооружению устья велись в три смены при непрерывной рабочей неделе. В каждую смену в среднем выходило по 8 проходчиков. Сооружение устья осуществлялось последовательно тремя участками. Высота верхнего участка 5,3 м, среднего 6,7 м и нижнего 7,3 м. Верхний участок устья проходилась открытым котлованом, без применения временной крепи.

Вывемка породы производилась вручную с погрузкой в бадьи емкостью 0,6 м³. Бадьи поднимались краном-экскаватором Э-255 на поверхность и разгружались в автосамосвалы ЗИЛ-585 грузоподъемностью 3,5 т. В среднем в смену проходили 0,5 м, в сутки — 1,5 м. По окончании проходки был разделан вруб под опорный венец, в который было уложено кольцо временной крепи диаметром 7,5 м и установленно

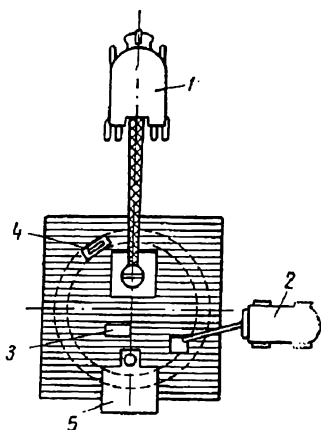


Рис. 37. Схема расположения оборудования на поверхности:

1 — кран-экскаватор Э-255, 2 — компрессор ЗИФ-55, 3 — лебедка Ч-2, 4 — сигнал, 5 — ящик для бетона

лено 20 крючьев; затем были установлены деревянная опалубка, стальная арматура и произведено бетонирование опорного венца и вышележащего участка крепи. Укладка бетона была произведена на высоту 3,3 м; выше на высоту 2,0 м был уложен кирпич. Возведение крепи вместе с опорным венцом заняло 4,5 суток.

По окончании крепления верхнего участка устья вентиляционного ствола, на крепь были уложены 4 двутавровых балки № 30, а на них — двойной настил. На настиле были установлены: лебедка Ч-2 для подвески пневмогрузчика БЧ-1у и пять лебедок для центрального и боковых отвесов.

Расположение оборудования на поверхности приведено на рис. 37.

По окончании перекрытия устья полком приступили к проходке среднего участка с применением временной крепи.

Первые 2,7 м среднего участка устья проходили вручную. После того как забой устья достиг глубины 8 м от поверх-

ности, перешли на механизированную погрузку породы (глины) в бадьи емкостью 0,6 м³ пневмопогрузчиком БЧ-1у. Ниже 10 м от поверхности земли глины были обводнены, приток воды в забой составлял 2,0—2,5 м³/час. и стенки выработки оплывали. На глубине 12 м от поверхности, при разделке вруба под опорный венец, имели место небольшие вывалы породы. Проходка по обводненным глинам велась от центра устья к периферии; в центре устраивали приямок глубиной 0,5 м для сбора воды. Стенки выработки тщательно раскрепляли досками, а пустоты за ними тщательно забучивали. Кольца временной крепи устанавливали через 1 м.

Средний участок высотой 6,7 м был пройден в течение 5,5 суток темпами 1,2 м в сутки. По окончании проходки среднего участка на глубине 12 м от поверхности земли был разделан и закреплен железобетонной крепью вруб под опорный венец и остальная часть устья, на что было затрачено 4,5 суток. Средняя скорость возведения постоянной крепи среднего участка составила 1,5 м в сутки.

Проходка нижнего участка устья на глубину 5,6 м по глинам велась так же, как и среднего участка, на временном креплении. Проходка последней части устья на глубину 1,7 м велась по слабому выветрелому песчанику. Эта часть была пройдена за две заходки с применением буровзрывных работ. В каждой заходке в забое бурили по 30 шпуров глубиной по 1,4 м. Шпуры располагали по трем концентрическим окружностям. Бурение осуществлялось двумя бурильными машинами ОМ-506. На обустройство забоя затрачивалась одна смена. В качестве ВВ использовался 62%-ый труднозамерзающий динамит в патронах диаметром 45 мм. КИШ составлял 0,6. Погрузка взорванного песчаника в бадьи осуществлялась пневмогрузчиком БЧ-1у, который загружал одну бадью за 2,7—3,8 мин. без разборки породы и за 5,3—8,7 мин. с разборкой породы. Во время погрузки песчаника на контакте его с глинами, на глубине 17,5 м от поверхности земли деформировалась временная крепь и глины начали сползать в забой. Авария была ликвидирована забивкой 90 шпиль из стали диаметром 18 мм и длиной по 0,9—1,5 м, с заполнением образовавшихся за крепью пустот лесом (около 7,5 м³). Постоянная железобетонная крепь нижнего участка возводилась последовательно с проходкой двумя участками: верхнего высотой 3,3 м и нижнего высотой 4 м. Кольца временной крепи состояли из 7 сегментов (швеллер № 18), подвешиваемых на стальных крючьях диаметром 30 мм. Затяжка стенок устья осуществлялась досками толщиной 40—50 мм. При возведении постоянной железобетонной крепи извлекались только затяжки, а крючья и кольца временной крепи оставались за постоянной крепью. Железобетонная крепь устья состояла из бетона марки 150 и двойного ряда продольной арматуры из круглой стали диаметром 18 мм.

Кружала и опалубка изготовлялись из досок толщиной 50 мм.

Бетон приготавливался в бетонорастворном узле и подвозился к устью автосамосвалами, затем разгружался в наклонный ящик размером 2,5×1,5×0,3 м, установленный под углом 15° у устья, из которого по вертикальным трубам диаметром 500 мм подавался в металлический ящик размером 1,2×1,0×0,25 м, установленный на временном полке, а оттуда забрасывался вручную за опалубку. Одновременно с укладкой бетона устанавливалась стальная арматура.

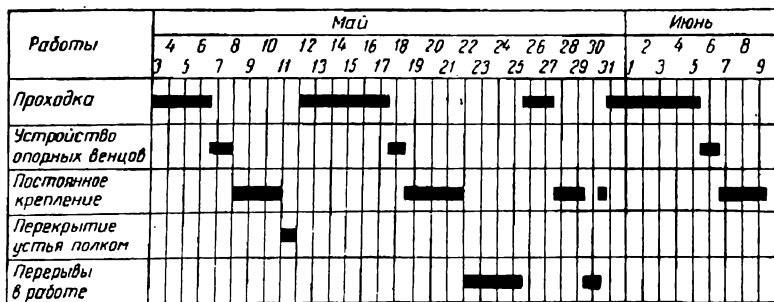


Рис. 38. Исполнительный график сооружения устья вентиляционного ствола шахты № 2 «Мушкетовская-Заперевальная»

Подъем при проходке осуществлялся краном-экскаватором Э-255, которым в отдельные смены поднималось до 77 бадей. Водоотлив производился насосом НПП-1м. Для транспортирования породы и материалов использовались автосамосвалы грузоподъемностью 3,5 т.

Устье глубиной 19,3 м было сооружено в течение 37 суток. Среднемесячные темпы проходки и крепления устья составили 16,2 м в месяц. Исполнительный график сооружения устья вентиляционного ствола приведен на рис. 38. Всего на проходку и крепление 19,3 м устья ствола было затрачено 709 чел.-смен или 36,6 чел.-смены на 1 м готового устья и 1,3 чел.-смены на 1 м³ устья в свету.

6. Сооружение устья клетового ствола шахты № 17 — 17-бис с использованием временного проходческого копра

Устье клетового ствола шахты № 17—17-бис имеет трехступенчатодвухвенцовую конструкцию (рис. 39). Диаметр устья в свету 6,5 м; крепь железобетонная толщиной 0,7 м. Ширина первой ступени устья 2,5 м, глубина заложения 1,0 м, второй ступени соответственно 2,0 м и 2,0 м и третьей ступени — 1,5 м и 3,0 м. Суммарная глубина устья 33,5 м. Конструкция опорных венцов — двухконическая, число венцов два. Ширина венцов

1,4 м, высота 1,4 м. Сооружение устья клетового ствола осуществлялось в основной период, после установки временного проходческого копра конструкции УкрНИИОМШСа высотой 19 м, с разномом ног 15×15 м, и оборудования проходческого подъема машиной БМ-2500.

Все подготовительные работы к началу сооружения устья в том числе и проходка контрольных скважин были закончены полностью.

Сооружение устья по глинистым породам осуществлялось тремя последовательными участками; проходка и постоянное крепление каждого участка устья также осуществлялись последовательно.

Работы по сооружению устья производились комплексной бригадой проходчиков в составе 50 чел. в три смены при непрерывной рабочей неделе. В каждую смену выходило на работу в среднем по 15 проходчиков.

Сооружение верхнего участка устья на глубину 3 м от поверхности земли производилось вручную. Сначала был вырыт ступенчатый открытый котлован, основания которого были тщательно выравнены, произведена установка кольца временной крепи в лунки на 30 см ниже основания устья и подвешены 27 крючьев временной крепи. Далее производилась установка деревянной опалубки, стальной арматуры и укладка за опалубку бетона. По окончании работ по возведению железобетонной крепи верхнего ступенчатого участка устья, была смонтирована основная проходческая рама.

Сооружение верхнего участка устья и монтаж основной проходческой рамы продолжались в течение одного месяца.

При сооружении среднего участка устья до глубины от 3 до 15 м и нижнего от 15 до 33,4 м для подъема использовалась временная одноконцевая проходческая машина БМ-2500 и бадьи емкостью 1,5 м³. Выемка породы при проходке среднего и нижнего участков устья осуществлялась при помощи лопат и отбойных молотков ОМСП-5. Погрузка породы в бадьи — пневмогрузчиком БЧ-1у. По мере выемки породы устанавливали временную крепь в виде колец из швеллера № 24а. Каждое кольцо состояло из 9 сегментов, подвешиваемых на 27 крючьях, диаметром 32 мм. Кольца временной крепи для жесткости рас-

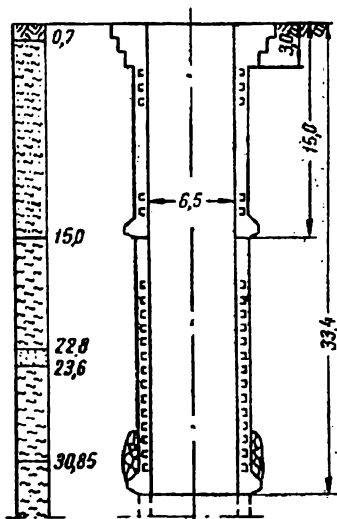


Рис. 39. Конструкция устья клетового ствола шахты № 17—17-бис

пирались отрезками стальных труб диаметром 100 мм. Стенки устья затягивались досками толщиной 40—50 мм. Приток воды при проходке был незначительный (0,5 м³/час).

По окончании проходки и временного крепления каждого участка, приступали к разделке опорных венцов (при помощи отбойных молотков ОМСП-5) и возведению постоянной железобетонной крепи. Арматура из круглой стали марки Ст.3 располагалась в два ряда у внутренних и внешних стенок устья.

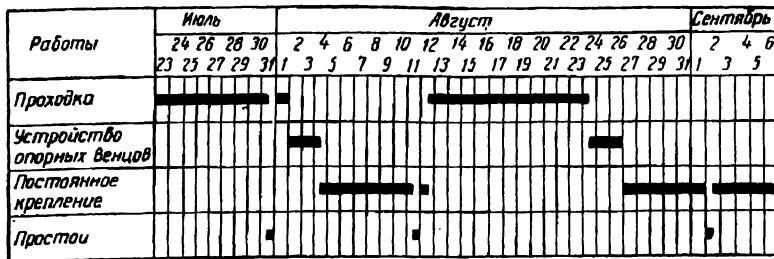


Рис. 40. Исполнительный график сооружения устья клетового ствола шахты № 17—17-бис

Диаметр вертикальных стержней 12 мм, горизонтальных — 16 мм. Расстояние между вертикальными и горизонтальными стержнями арматуры каждого ряда 25 см. Бетон применялся марки 140, состава 1:1,8 4 с водоцементным отношением 0,56 при цементе марки 300.

При возведении постоянной железобетонной крепи кольца временной крепи, как правило, не извлекались. Установка арматуры и укладка бетона за опалубку производилась с временных полков, настилаемых на кружала опалубки и переносимых после установки каждого последующего кольца деревянной опалубки, то-есть через каждый метр. С поверхности бетон подавался по трубам и поступал в ящик, установленный на временном полке, а стержни арматуры спускались в бадьях. Из ящика бетон вручную забрасывался лопатами за опалубку. Уплотнение бетона производилось вибраторами.

Подъем осуществлялся с временного копра одноконцевой подъемной машиной в бадьях емкостью 1,5 м³. Водоотлив — насосом НПП-1 в бадью. Сжатый воздух подавался в забой от временной компрессорной с установленными в ней постоянными компрессорами. Для транспортирования породы и материалов использовались автосамосвалы грузоподъемностью 3,5 т.

Не считая верхнего ступенчатого участка устья высотой 3 м, в течение 1,5 месяцев было сооружено 30,4 м готового устья. Средние темпы сооружения устья составили 20,2 м в месяц.

Исполнительный график сооружения устья клетового ствола шахты № 17—17-бис приведен на рис. 40. На сооружение устья было затрачено всего 2194 чел.-смены или 72 чел.-смены на 1 м устья и 2,2 чел.-смены на 1 м³ устья в свету.

Технико-экономические показатели по сооружению обычным способом некоторых устьев вертикальных стволов в Донбассе приведены в табл. 14.

Таблица 14

Показатели	Устье вентиляционного ствола шахты № 2 „Мушкетовская-Запореваляная“	Устье клетового ствола шахты № 2 „Мушкетовская-Запореваляная“	Устье скипового ствола шахты № 2 „Мушкетовская-Запореваляная“	Устье клетового ствола шахты № 17—17-бис
Конструкция устья	Одноступенчатотрехвенцовая	Одноступенчатодвухвенцовая	Двухвенцовая	Трехступенчатодвухвенцовая
Диаметр устья, м:				
в свету	6,0	7,5	7,5	6,5
в черне	7,2	9,1	9,1	7,9
Площадь поперечного сечения, м ² :				
в свету	28,4	44,2	44,2	33,2
в черне	39,4	65,1	65,1	48,8
Материал крепи	Железобетон			
Минимальная толщина крепи, м	0,6	0,8	0,8	0,7
Число венцов	3	2	2	2
Ширина венцов, м	1,6; 1,4	2,0; 2,0	2,0; 2,0	1,4; 1,4
Высота венцов, м	1,5	2,0	2,0	1,4
Число ступеней	1	1	—	3
Ширина ступеней, м	1,8	2,0	—	2,5; 2,0; 1,5
Высота ступеней, м	2,0	2,0	—	1,0; 2,0; 1,0
Пройдено всего, м	19,3	26,9	25,8	33,4
Скорость проходки, м/мес	16,2	14,4	12,3	20,2
Трудовые затраты на сооружение устья, чел.-смен:				
на все устье	709	2313	1701	2194
на 1 м	36,6	86	66	72
на 1 м ³ в свету	1,30	1,94	1,49	2,17
Средняя фактическая стоимость 1 м устья, руб.	14 500	33 700	18 150	15 400
Оборудование, которым осуществлялась проходка устья	Комплекс оборудования КПШ	Временный проходческий копер, подъемная машина 2БМ-3000	Комплекс КПШ до глубины 15,6 м; ниже временный копер и машина 2БМ-3000	Временный проходческий копер, подъемная машина БМ-2500

7. Выбор специальных способов сооружения устьев в тяжелых гидрогеологических условиях

Сооружение устьев обычно производится в наносах, представленных супесями, суглинками, песками и глинами в различных сочетаниях.

Супеси, суглинки и пески, будучи насыщены грунтовыми водами, теряют устойчивость и приобретают плавунные свойства. Глины, в результате впитывания воды, разбухают и приобретают свойство текучести, что приводит к резкому усилению горного давления и выдавливанию глин в проходимые выработки.

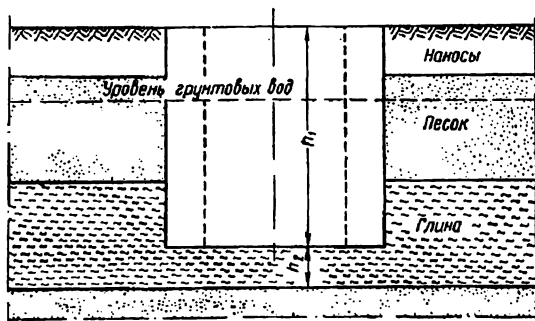


Рис. 41. Схема к проверке слоя грунта на прорыв напорными водами

В связи с этим при проектировании и сооружении устьев ниже уровня грунтовых вод должны быть учтены мероприятия, предупреждающие прорыв, взрыхление, размыв или оплывание горных пород.

При наличии легко размываемых горных пород и грунтовых вод, а также обводненных пород плавунного характера, сооружение устьев обычным способом становится невозможным и необходимо переходить на специальные способы: с применением водопонижения, забивной крепи, замораживания пород или под сжатым воздухом.

При наличии напорных вод или сооружении устьев ниже уровня грунтовых вод в глинистых породах необходимо производить проверку слоя пород (рис. 41), в которых закладываются основания ступеней или венцов устья, на возможность прорыва напорными водами подстилающего слоя. Эта проверка производится по следующей формуле

$$\gamma_1 h_1 \leq \gamma_2 h_2, \quad (125)$$

где h_1 — высота напора воды от подошвы проверяемого водоупорного слоя, м;

γ_1 — удельный вес воды, $т/м^3$;

h_2 — расстояние от основания ступени или венца устья до подошвы проверяемого слоя, $м$;

γ_2 — объемный вес грунта проверяемого слоя с учетом веса воды в порах, $т/м^3$.

Для приближенных подсчетов можно также пользоваться формулой

$$h_1 \leq 2h_2. \quad (126)$$

Если указанное условие не удовлетворяется, необходимо применять искусственное понижение уровня воды путем устройства самоизливающихся скважин, откачки из скважин воды, или переходить на один из специальных способов сооружения устьев.

При сооружении устьев в соответствующих горногеологических условиях практически могут быть применены все известные в настоящее время специальные способы проходки стволов, за исключением бурения.

Выбор того или иного специального способа сооружения устья в каждом конкретном случае зависит от:

геологических и гидрогеологических условий залегания проходимых горных пород;

конструкции устья и глубины заложения его нижнего основания;

принятого способа проходки ствола;

необходимых сроков, стоимости и трудоемкости работ по сооружению устья.

В табл. 15 приведены технико-экономические показатели по сооружению устьев вертикальных стволов специальными способами в Львовско-Волинском угольном бассейне, характеризующимся тяжелыми гидрогеологическими условиями как для сооружения устьев, так и для проходки стволов.

Из данных табл. 15 видно, что наибольшая скорость сооружения устьев имела место при замораживании пород и применении вертикальной забивной крепи, а наименьшая — при применении опускной и косой забивной крепи. При этом наибольшая стоимость сооружения устья составляла при замораживании, а наименьшая — при применении вертикальной забивной крепи.

Основываясь на накопленном опыте сооружения устьев в тяжелых гидрогеологических условиях в последние годы, можно рекомендовать следующие специальные способы их проходки применительно к различным горногеологическим условиям.

Предварительное осушение рекомендуется применять при высоком стоянии уровня грунтовых вод — 0,5—1,0 м от поверхности земли; при обводненных крупнозернистых и гравелистых песках, слабых выветрелых, обводненных песчаниках и известняках, при ступенчатых и ступенчатовенцовых конструк-

Таблица 15

Показатели	Устье кле- тевого ство- ла шахты № 5 Велико- Мостов- ская*	Устье кле- тевого ство- ла шах- ты № 7 Велико- Мостов- ская*	Устье скипо- вого ствола шахты № 6 Велико-Мо- стовская*	Устье ски- пового ство- ла шах- ты № 7 Велико- Мостов- ская*	Устье ски- пового ство- ла шахты № 8 Велико- Мостов- ская*
Конструкция устья	Двухсту- пенчатая	Одновен- цовая	Одновен- цовая	Одновен- цовая	Односту- пенчато- венцовая
Диаметр устья, м:					
в свету	6,0	6,0	5,6	5,6	5,6
вчерне	8,0	8,2	7,6	7,6	7,6
Площадь поперечного сечения, м ²					
в свету	28,3	28,3	24,6	24,6	24,6
вчерне	50,3	52,7	45,2	45,2	45,2
Материал крепи	Железо- бетон	Бетон	Бетон	Бетон	Бетон
Минимальная толщина крепи, м	1,0	1,1	1,0	1,0	1,0
Число венцов	—	1	1	1	1
Ширина венцов, м	—	2,1	2,1	2,1	2,1
Высота венцов, м	—	3,1	3,1	3,1	2,1
Число ступеней	2	—	—	—	1
Ширина ступеней, м	1,75/1,00	—	—	—	2,1
Высота ступеней, м	2,63/5,67	—	—	—	1,5
Способ проходки	Верти- кальная забивная крепь	Косая забивная крепь	Водопониже- ние и косая забивная крепь	Опускная крепь	Замора- живание
Среднесуточная скорость проходки готового устья, м	0,80	0,20	0,58	0,14	1,15
Трудовые затраты на сооружение устья, чел-смен:					
на 1 м	45	150	62	177	40
на 1 м ³ в свету	1,59	5,30	2,50	7,18	1,62
Отношение фактической стоимости сооруже- ния устья к стоимо- сти сооружения вер- тикальной забивной крепью, %	100	—	124	164	180
Отношение фактической скорости сооружения устья к скорости со- оружения вертикаль- ной забивной крепью, %	100	25	72	17	142

циях устьев с глубиной заложения ступенчатых оснований до 4—5 м от поверхности земли и с глубиной заложения венцовых оснований устьев до 12—15 м от поверхности земли; при проходке вертикальных стволов обычным способом и способом понижения уровня подземных вод.

Вертикальная деревянная забивная крепь рекомендуется к применению при сравнительно высоком стоянии уровня грунтовых вод — 1,5—2,0 м от поверхности земли; при обводненных мелкозернистых песках и супесях пльвунного характера мощностью до 4 м, при отсутствии в них валунов и прослоек твердых пород и при наличии ниже их вязких водупорных пород (глин, мергелей), допускающих заглубление в них деревянных шпунтов; при ступенчатых и ступенчатовенцовых конструкциях устьев и при проходке стволов обычным способом.

Косая деревянная забивная крепь применяется как вспомогательный способ при сооружении устьев с применением водопонижения или обычным способом при встрече водоносных песчаных или оплывающих глинистых пород небольшой мощности (1,0—1,5 м); при ступенчатых, ступенчатовенцовых и венцовых конструкциях устьев.

Вертикальная стальная забивная крепь применяется при сооружении устьев в обводненных песках, супесях и суглинках пльвунного характера мощностью до 10—12 м при отсутствии в них валунов и прослоек твердых пород, при наличии под ними вязких водупорных пород — глин; при ступенчатовенцовых и венцовых конструкциях устьев с глубиной заложения оснований опорных венцов не более 12—14 м от поверхности земли и при проходке стволов ниже устьев обычным способом.

Проходка под сжатым воздухом с подвижной рабочей камерой рекомендуется при высоком стоянии уровня грунтовых вод, при обводненных песках, супесях и суглинках пльвунного характера общей мощностью до 30 м; при венцовых и ступенчатовенцовых конструкциях устьев и при проходке стволов ниже основания опорных венцов устьев под сжатым воздухом с подвижной или неподвижной рабочей камерой.

Тампонирование применяется при сооружении устьев в кристаллических или осадочных скальных обводненных горных породах, залегающих у поверхности земли; при ступенчатых ступенчатовенцовых и венцовых конструкциях устьев и при проходке стволов ниже устьев с применением тампонирувания.

Замораживание пород применяется при сооружении устьев в обводненных песках, супесях и суглинках пльвунного характера или водоносных скальных породах, залегающих близко от поверхности земли и имеющих большую мощность; при любой конструкции устьев и при проходке стволов ниже устьев способом замораживания.

8. Сооружение устьев с применением искусственного понижения уровня подземных вод

Искусственное понижение уровня подземных вод при помощи водопонизительных иглофильтровых установок целесообразно применять: при высоком стоянии уровня грунтовых вод в песчано-гравелистых горных породах с небольшим содержанием глинистых частиц и коэффициентом фильтрации не менее 5—6 м/сутки, а также при мощности этих пород, не превышающей 4 м, при проходке стволов обычным способом. Искусственное понижение уровня подземных вод осуществляется в один ярус. При сооружении устьев применение двух и более ярусов водопонизительных скважин не целесообразно.

Техническая характеристика водопонизительных установок, применяющихся для искусственного водопонижения приведена в табл. 16.

Таблица 16

Показатели	Тип установок				
	ПВУ-2	ПВ-1	ЛИУ-3	ВА-6НДВ	ВА-5НДВ
Производительность, м ³ /час	280	280	50	250	150
Напор водяного столба, м	29	29	25	54	40
Мощность электродвигателя, квт	55	40	10	55	28
Максимальное число иглофильтров	150	100	60	100	100
Длина коллектора, м	115	60	90	60	60

Фильтрационный расход воды, откачиваемой водопонизительной установкой в единицу времени, приближенно определяется по формуле

$$Q = \frac{1,36k(2H - S)S}{\lg R - \lg x_0}, \quad (127)$$

где k — коэффициент фильтрации, м/сутки;

H — высота уровня грунтовых вод над водоупором, м;

S — проектируемая высота понижения уровня грунтовых вод, м;

R — радиус влияния водопонизительной установки, м;

x_0 — расстояние от центра устья до скважины, м.

Радиус влияния определяется по формуле инж. И. П. Кусакина

$$R = 575S\sqrt{kH}. \quad (128)$$

При искусственном понижении уровня грунтовых вод при помощи водопонизительных установок иглофильтры располагаются по окружности вокруг сооружаемого устья с таким

расчетом, чтобы между ними и стенками устья вчерне оставалось расстояние $\epsilon_1 = 1,0 \div 1,5$ м.

Диаметр окружности, на которой располагаются иглофильтры, определяется из равенства

$$D_{II} = D_y + 2(c_y + \epsilon_1), \quad (129)$$

где D_y — диаметр устья в свету, м;

c_y — максимальная толщина крепи устья, м;

ϵ_1 — расстояние между иглофильтрами и стенками устья вчерне, м.

Количество иглофильтров, при расстоянии между ними $\epsilon^2 = 0,8 \div 1,2$ м, определяется из равенства

$$n = \frac{\pi D_{II}}{\epsilon_2}. \quad (130)$$

Работы по сооружению устьев при применении искусственного понижения уровня подземных вод состоят из:

обычных подготовительных работ, проводимых до начала сооружения устьев;

погружения иглофильтров в грунт гидравлическим способом и монтажа коллектора водопонизительной установки;

пуска в работу водопонизительной установки и предварительного осушения грунта в течение нескольких суток до минимального, установившегося притока воды;

производства работ (после предварительного осушения) по собственно сооружению устья обычным способом по одной из ранее описанных схем организации работ;

параллельного с производством работ по сооружению устья последующего осушения, которое заканчивается только после полного завершения всех работ по сооружению устья;

демонтажа водопонизительной установки, который производится после полного окончания всех работ по сооружению устья.

Достоинством сооружения устьев с применением искусственного понижения уровня подземных вод при помощи передвижных водопонизительных установок является: простота производства работ по сооружению устьев, небольшая трудоемкость и стоимость работ.

Недостатком является невозможность полного осушения грунтов над водоупорными породами. Этот недостаток, однако, при сооружении устьев в песках, хорошо отдающих воду, не имеет существенного значения и прохода без затруднений может заканчиваться с применением открытого водоотлива из опережающего колодца, а иногда с применением одного-двух посадок деревянной косой забивной крепи на контакте песков с водоупорными породами.

При проходке стволов с применением понижения уровня подземных вод при помощи артезианских или глубинных насосов, а также эрлифтов, сооружение их устьев при высоком стоянии уровня подземных вод и при соответствующих горных породах производится также с применением водопонижения. При этом оборудование используется то же, что и для проходки стволов.

Порядок и последовательность работ по осушению горных пород и сооружению в них устьев аналогичны вышеописанным при сооружении устьев с применением водопонижения при помощи водопонижительных иглофильтровых установок.

9. Сооружение устьев с применением вертикальной забивной крепи

При сооружении устьев в слабых, обводненных породах плавунного характера мощностью до 4 м применяется деревянная, а при мощности до 10—12 м — стальная вертикальная забивная шпунтовая крепь.

Несмотря на различие материалов шпунтов и мощности проходимых слабых обводненных пород, порядок и организация работ по сооружению устьев с применением деревянной или стальной вертикальной забивной крепи аналогичны.

В обоих случаях работы по сооружению устьев состоят из: обычной подготовки к сооружению устьев, проводимой в подготовительный период;

отрывки открытого котлована: при сравнительно низком стоянии уровня грунтовых вод — глубиной на 0,5—0,7 м выше статического уровня грунтовых вод, а при высоком стоянии уровня грунтовых вод — 0,7—1,2 м от поверхности земли, и разравнивании забоя котлована и площадки на поверхности в месте сооружения устья;

установки на разровненной поверхности открытого котлована или на уровне земли двух нижних направляющих колец из швеллера № 30 с диаметром: внутреннего кольца — равным диаметру устья вчерне и внешним — равным диаметру устья вчерне плюс удвоенная толщина шпунтов и необходимых минимальных зазоров между шпунтами и нижними направляющими кольцами;

установки на стойках на высоте 3—4 м от нижних направляющих колец двух верхних направляющих колец того же диаметра и из того же профиля металла, что и нижние кольца;

настилки внутри или снаружи направляющих колец, рельсовых путей для свайного копра, а также монтаж последнего;

установки при помощи свайных копров, между направляющими кольцами шпунтового посада деревянной или стальной забивной крепи;

забивки до проектной отметки (до заглублений в водоупорные породы на 1,0—1,5 м) шпунтового посада паровоздушными или дизельными свайными молотами;

выемки, под защитой шпунтового посада, слабых, водоносных пород на полную их мощность и установки временной крепи из металлических колец;

разделки в водоупорных породах вруба под опорный венец, заделки в него крючьев временной крепи, установки опалубки и бетонирования опорного венца;

возведения под защитой шпунтового посада постоянной бетонной или железобетонной крепи устья.

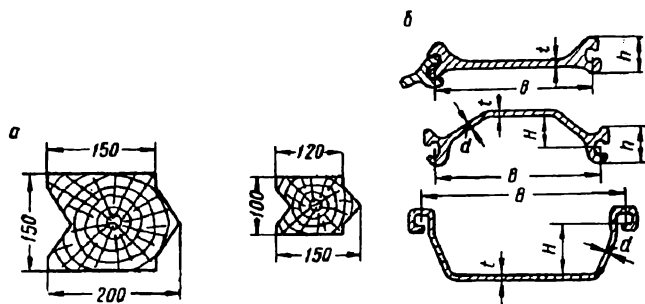


Рис. 42. Сечение шпунтин:
а — деревянных; б — стальных

Для деревянной вертикальной забивной крепи чаще всего применяются деревянные шпунты длиной до 6 м, сечением от 100×150 до 150×200 мм, соединяемые между собой косым зубом (рис. 42, а). В нижней части шпунты затесываются с одной стороны, обращенной внутрь устья, что уменьшает возможность сужения сечения последнего при забивке шпунтов.

Для деревянной косой забивной крепи применяются деревянные шпунты длиной 1,2—1,5 м прямоугольного сечения размером от 50×150 до 80×220 мм. Нижний конец шпунтов затесывается также с внутренней стороны. При сооружении устьев стволов круглого поперечного сечения боковым поверхностям деревянных шпунтов косой забивной крепи придается небольшая конусность в направлении снизу вверх, чем обеспечивается плотное прилегание шпунтов между собой по всей длине.

Стальные шпунты имеют различную форму поперечного сечения и водонепроницаемые замковые соединения. Сечения наиболее распространенных типов стальных шпунтовых свай приведены на рис. 42, б, а их характеристика — в табл. 17. Длина стальных шпунтовых свай колеблется от 12 до 22 м.

Таблица 17

Тип шпунта	Условное обозначение профиля	Размеры, мм (рис. 42, б)					Площадь поперечного сечения, см ²	Вес 1 м шпунта, кг	Момент инерции J _x , см ⁴	Момент сопротивления W _x , см ³
		B	H	h	d	t				
Плоский (ГОСТ-4781-55)	ШП-1	400	—	81	—	10	82	64	332	73
	ШП-2	200	—	57	—	8	39	30	80	28
Корытный (ГОСТ-4781-55)	ШК-1	400	74,5	62,5	10	10	64	50	730	114
	ШК-2	400	125	62,5	10	10	74	58	2 243	260
Зетообразный (ГОСТ-4781-55)	ШД-3	400	240	—	10	3	78	61	7 600	630
	ШД-5	400	320	—	14	12	93	93	20 100	1256
„Ларсен“	Л-3	400	—	—	—	—	78,8	62	—	1600
	Л-4	400	180	—	15	11	94,6	74	—	2200
	Л-5	420	196	—	22	11	127,3	100	—	2960

Из данных табл. 17 видно, что наибольшие моменты сопротивления имеют зетообразные и типа «Ларсен» стальные сваи, которые и следует применять при значительном давлении слабых водоносных пород.

Направляющие кольца, как для деревянной, так и стальной забивной крепи изготавливаются из швеллера № 30а, а кольца временной крепи — из швеллера № 24а. Подвеска колец временной крепи производится на стальных крючьях диаметром 30—32 мм. Первое кольцо подвешивается на крючьях, перекинутых через верх забитых шпунтов, а последующие кольца — к ранее установленным, по мере выемки породы в забое. Расстояние между кольцами временной крепи 0,8—1,2 м. Забивка шпунтов деревянной и стальной вертикальной забивной крепи производится со свайных копров при помощи механических, дизельных или паровоздушных молотов, причем вес молота должен быть не менее веса забиваемого шпунта.

При забивке шпунтов механическими молотами высота их падения не должна превышать 2,5 м.

Техническая характеристика некоторых стальных свайных копров приведена в табл. 18.

Таблица 18

Показатели	Тип свайного копра			
	РМК-4	РМК-5	С-254, С-222	СССМ-670
Полная высота копра, м .	9,8	11	12,3	22
Полезная высота копра, м	6	7,5	9	14
Ширина колеи, мм	3100	3600	3900	3000
Угол поворота фермы, град.	—	—	—	360
Наклон стрелы	1:10	1:10	1:10	1:10
Грузоподъемность, м	0,75	1,5	1,5	—
Общий вес копра с молотом, т .	2,50	3,35	7,48	30,5

Для предохранения верхней части шпунтов от деформаций применяют металлические наголовники, под которые в целях смягчения ударов молота закладывают деревянные прокладки.

В состав работ по забивке шпунтов кроме собственно забивки шпунтов входит также передвижка и установка свайного копра. Забивка шпунтов производится участками по всему контуру шпунтового посада. После установки всех шпунтов поочередно забивается каждый из них на глубину 1,0—1,5 м сначала в одном направлении, затем на ту же глубину в противоположном направлении и так до тех пор, пока шпунты не будут погружены в грунт на проектную глубину.

Диаметр окружности, по которой располагаются шпунты, определяется по формуле

$$D_{ш} = D_{г} + 2c_{г} + b, \quad (131)$$

где b — толщина шпунтов, м.

Количество шпунтов, необходимых для одного шпунтового посада

$$n_{ш} = \frac{\pi D_{ш}}{B}, \quad (132)$$

где B — ширина шпунта, м.

Погружение шпунта в грунт от одного удара молота определяется по формуле проф. Герсеванова

$$s = \frac{mFQH}{2P(mF+2P)} \cdot \frac{Q+0,2q}{Q+q}, \text{ см}, \quad (133)$$

где m — коэффициент, зависящий от материала шпунтов и способа их забивки:

для деревянных шпунтов $m = 8 - 10 \text{ кг/см}^2$;

для стальных шпунтов $m = 15 - 20 \text{ кг/см}^2$;

F — площадь поперечного сечения шпунта, см^2 ;

Q — вес молота, кг;

H — высота падения молота, см;

P — допускаемая нагрузка на шпунт, кг;

q — вес шпунта, кг.

Погружение шпунта в грунт в течение одного часа непрерывной работы свайного молота может быть написано в виде:

$$S = 60 ns, \text{ см}, \quad (134)$$

где 60 — число минут в часе;

n — число ударов свайного молота в минуту.

С учетом перерывов в работе по забивке шпунтов и потерь времени на перестановку и передвижку свайного копра погружение шпунтов в грунт может быть написано в виде:

$$S' = 60 kns, \text{ см/час}, \quad (135)$$

или

$$S'' = 0,6 \text{ knс, м/час,} \quad (136)$$

где k — коэффициент, учитывающий простои и перерывы в работе по забивке шпунтового посада,

$$k = 0,4 - 0,5.$$

Время забивки шпунтового посада при сооружении устья вертикального ствола определяется по формуле:

$$T_{\text{ш}} = \frac{l_{\text{ш}} n_{\text{ш}}}{0,6 k nс}, \quad (137)$$

где $l_{\text{ш}}$ — длина шпунта, погружаемого в грунт, м.

10. Сооружение устья клетового ствола шахты № 5 «Велико-Мостовская» с применением деревянной вертикальной забивной крепи

Устье клетового ствола двухступенчатой конструкции с плоскими основаниями (рис. 43) имеет диаметр в свету 6 м. Диаметр первой ступени устья вчерне 11,5 м, второй ступени — 8 м.

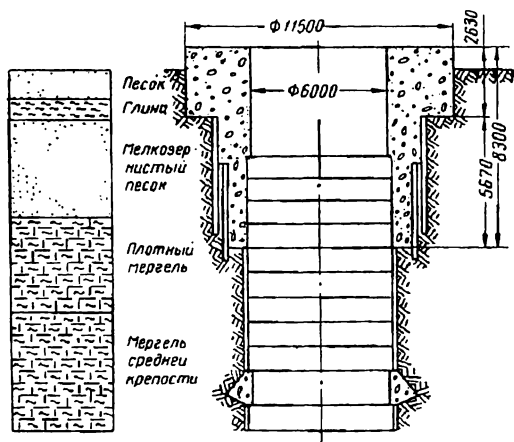


Рис. 43. Конструкция устья клетового ствола шахты № 5 «Велико-Мостовская»

Высота первой ступени 2,63 м, второй ступени — 5,67 м. Толщина железобетонной крепи: первой ступени 2,25 м, второй ступени — 1,0 м.

Геологический разрез пород, пересекаемых устьем, представлен на рис. 43. Наибольшую сложность для проходки устья представляли мелкозернистые водоносные пески пльвунного

характера мощностью 4,3 м, залегавшие на глубине 1,8 до 6,1 м от поверхности земли. Приток воды из указанных песков при проходке составлял до 25 м³/час.

Проходку водоносных песков решено было осуществить с применением деревянной вертикальной забивной крепи.

Работы по сооружению устья клетового ствола были начаты с отрывки открытого котлована диаметром 9 м и глубиной 1,8 м. Работы велись в три восьмичасовые смены при непрерывной рабочей неделе, комплексной бригадой проходчиков в составе 36 чел. (без подменных рабочих) — по 10—12 проходчиков в смену.

По окончании за одни сутки отрывки котлована на дне его были уложены деревянный настил и кольцевой рельсовый путь, на котором был смонтирован буровой станок УКС-2 для забивки шпунтин, предварительно снятый с ходовой части. Затем на дне открытого котлована уложили два нижних направляющих стальных кольца из швеллера № 30а и над ними на высоте 3 м на деревянных стойках установили два верхних направляющих кольца из того же профиля. В зазор между внешними и внутренними стальными кольцами (130 мм) был установлен вертикальный посад из 255 деревянных шпунтин толщиной 120 мм и длиной 6 м. Внутренний диаметр вертикального шпунтового посада 8,4 м, внешний — 8,64 м. Верхняя часть шпунтового посада после установки была стянута проволокой диаметром 6 мм.

Нижний конец шпунтин был заострен с одной стороны, обращенной внутрь устья, что исключало возможность сужения вертикального шпунтового посада при его забивке.

Монтаж станка УКС-2 и установка шпунтового посада продолжались 1,5 суток. По окончании установки шпунтового посада, приступили к его забивке станком УКС-2, перемещавшемся на катках по круговому рельсовому пути, уложенному на дне котлована. Забивка производилась стальным молотом. На шпунтины, при их забивке, одевались оголовники из швеллера № 16. После того как все шпунты были забиты на глубину 2,4 м и их верхние концы сравнялись с верхними направляющими кольцами, последние были сняты, открытый котлован был расширен до диаметра 11,5 м. Затем продолжали забивку шпунтового посада. Верхние концы деревянных шпунтов после их забивки на глубину 3,87 м от первоначального положения стали непригодными для дальнейшей их забивки, в связи с чем эта часть всех шпунтов на длину 0,7 м была срезана, после чего была продолжена дальнейшая забивка шпунтов. По окончании забивки шпунтового посада на полную глубину (5,3 м) — станок УКС-2 был демонтирован, кольцевой рельсовый путь и деревянный настил разобраны. На дне котлована была смонтирована стальная рама-шаблон из двутавра № 30. Для выдачи породы было установлено на противополож-

ных концах котлована два крана «Пионер», из которых каждый был снабжен двумя бабьями емкостью по 0,2 м³. Выемка песков производилась вручную лопатами, с передовым колодцем в центре забоя устья и с установкой колец временной крепи из швеллера № 24а. Расстояние между кольцами временной крепи было 0,78 м. Первое кольцо подвешивалось на 18 стальных крючьях диаметром 32 мм к раме-шаблону, а последующие кольца подвешивались один к другому на 24 крючьях диаметром 24 мм. Для жесткости кольца временной крепи распиралось стальными трубчатыми стойками диаметром 100 мм.

Когда забой был углублен до отметки 5,67 м от поверхности земли было установлено, что концы деревянных шпунтов сильно деформированы и не перекрывают контакта мелкозернистых водоносных песков пльвинного характера с подстилающими их мергелем. Дальнейшая проходка устья без ограждения оказалась невозможной и было решено забить с забоя устья на отметке — 5,68 м второй вертикальный шпунтовый посад из шпунтов толщиной 80 мм и длиной 2,5 м.

Для второго шпунтового посада, внешними направляющими кольцами служили ранее установленные кольца временной крепи из швеллера № 24; из того же профиля были изготовлены и установлены два внутренних направляющих кольца, один из них на забое, а другой — на вертикальных стойках, на высоте 1,5 м от первого внутреннего направляющего кольца. В образовавшийся кольцевой зазор между направляющими кольцами и кольцами временной крепи (90 мм) были установлены деревянные шпунты, а затем произведена их забивка на глубину 2,0 м до отметки 7,67 м от поверхности земли.

Вторым шпунтовым посадом был пересечен контакт мелкозернистых водоносных песков пльвинного характера с мергелями на глубине 6,1 м от поверхности земли. Шпунты были заглублены на 1,57 м в пластичный мергель.

Забивка второго шпунтового посада производилась сначала пневмолотками ПЛ-1 на глубину 0,5—0,8 м и далее ручными молотками до конечной глубины 2 м.

На забивку второго посада было затрачено 1,75 суток. По окончании забивки второго посада снова приступили к выемке породы вначале вручную лопатами, а затем при помощи отбойных молотков ОМСП-5 с установкой через каждые 0,78 м колец временной крепи из швеллера № 24а. При проходке этого участка устья, расстановка проходчиков была следующая: четыре на разрыхлении породы отбойными молотками, шесть на конопатке щелей и неплотностей шпунтового ряда и водоотливе.

Откачка воды из передового колодца забоя (до 25 м³/час) производилась двумя шламовыми насосами, из которых один находился в работе, а другой — в резерве.

На отметке 7,47 м от поверхности земли проходка устья в плотном мергеле была приостановлена для возведения посто-

янной крепи. На забое по центральному отвесу было собрано кольцо из чугунных тюбингов диаметром в свету 6 м, высотой 1 м, установлена стальная арматура и произведена укладка бетона марки 150 в затюбинговое пространство. Дали на первое тюбинговое кольцо было установлено второе кольцо, затем третье и четвертое — всего на высоту 4 м от забоя.

Установка тюбингов и арматуры, а также бетонирование производились с временных полков, сначала укладываемых на ребра тюбингов, а затем с высоты 4 м от забоя — на ребра

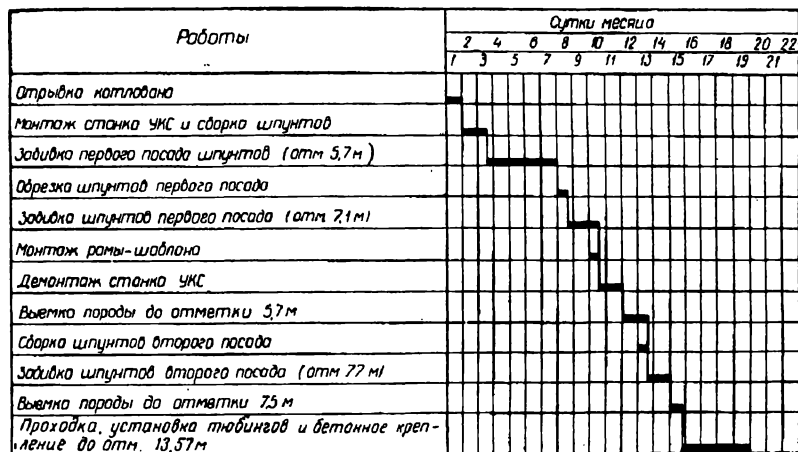


Рис. 44. Исполнительный график сооружения устья клетового ствола шахты № 5 «Велико-Мостовская»

кружал деревянной опалубки. По окончании бетонирования на высоту первого кружала деревянной опалубки, работы были приостановлены для разборки рамы-шаблона. После этого, работы по установке опалубки и арматуры, а также укладке бетона за опалубку были возобновлены. Кольца временной крепи; при возведении постоянной, не извлекались. Ниже основания второй ступени устья, на отметке 7,47 м от поверхности земли, проходка велась обычным способом с возведением чугунной тюбинговой крепи в направлении сверху вниз вслед за проходкой. На отметке 13,57 м от поверхности земли в плотных мергелях был возведен опорный венец первого верхнего звена ствола, после затюбинговое пространство было затампонировано песчано-цементным раствором.

Сооружение устья глубиной 14,4 м (на 0,83 м выше поверхности земли) с применением вертикальной забивной крепи было закончено в течение 19 суток. Среднесуточные темпы сооружения устья клетового ствола при этом составили около 0,8 м готового устья в сутки или 22,8 м в месяц.

Исполнительный график сооружения устья с применением вертикальной забивной крепи приведен на рис. 44. Трудовые затраты на возведение 1 м крепи составили 45 чел.-смен, а на 1 м³ в свету — 1,59 чел.-смены.

11. Сооружение устьев под сжатым воздухом с подвижной рабочей камерой

Сооружение устьев под сжатым воздухом с подвижной рабочей камерой осуществляется при расположении слабых водоносных пород в непосредственной близости от поверхности земли, их значительной мощности (до 30 м) и проходке верхней части ствола ниже устья также под сжатым воздухом с подвижной рабочей камерой.

При сооружении устьев под сжатым воздухом с подвижной рабочей камерой выполняются следующие работы:

обычные общеподготовительные, до начала сооружения устья;

отрывка открытого котлована (раскоса) глубиной на 0,5—0,7 выше верхней отметки слабых водоносных пород пльвунного характера и выравнивание всей площади его забоя;

устройство на забое открытого котлована песчано-гравийной или шлаковой подушки толщиной 25—30 см и тщательное ее разравнивание;

настилка на песчано-гравийную или шлаковую подушку в радиальном направлении деревянных опорных брусьев толщиной 15—20 см и их выравнивание по уровню;

настилка на брусья сегментов стального кольца, являющегося основанием режущего ножа подвижной рабочей камеры. их выравнивание по уровню и центрирование по отвесу, а также сварка;

установка стальной арматуры, а также внутренней и наружной деревянной опалубки режущего ножа и стен подвижной рабочей камеры;

укладка бетона, в два три приема за опалубку ножа и стен подвижной рабочей камеры;

установка опалубки потолка подвижной рабочей камеры;

установка арматурных двутавровых балок для потолка подвижной рабочей камеры, основного патрубка для шлюзового аппарата и патрубков: для воздушных труб, сифона, электрического и телефонного кабелей; противопожарного и цементационного ставов труб, а также установка арматуры стен выше потолка рабочей камеры;

бетонирование потолка рабочей камеры;

снятие опалубки с подвижной рабочей камеры после затвердения бетона;

снятие подвижной рабочей камеры с опорных брусьев;
монтаж шлюзового аппарата, направляющей корзины для прохода бадьи, труб, вентиля и другого оборудования и подача в камеру сжатого воздуха;

выемка породы на глубину 0,3—0,5 м и посадка рабочей камеры;

ежесменный маркшейдерский контроль за вертикальностью опускания рабочей камеры;

наращивание на поверхности, по мере выемки породы, стальной арматуры; а также внутренней и внешней опалубки и укладка за нее бетона;

сооружение опорного венца по достижении режущим ножом водоупорных пород. Работы по сооружению устья на этом и заканчиваются, если дальнейшая проходка верхнего участка ствола ведется также под сжатым воздухом, но уже с неподвижной рабочей камерой.

Если по окончании сооружения опорного венца в плотных водоупорных породах, проходка верхнего участка ствола ниже устья ведется обычным способом, то в состав работ по сооружению устья под сжатым воздухом с подвижной рабочей камерой также входит демонтаж потолка рабочей камеры.

Шлюзовое оборудование, применяемое при сооружении устьев, то же, что и при проходке стволов.

12. Сооружение устьев с применением замораживания пород

Сооружение устьев с применением замораживания пород осуществляется в слабых водоносных породах пльвунного характера или в скальных породах с высоким стоянием уровня подземных вод, при проходке стволов ниже их устьев также с применением замораживания пород.

При сооружении устьев стволов с применением замораживания пород выполняются следующие работы;

обычные подготовительные до начала сооружения устьев;

бурение замораживающих скважин и монтаж замораживающих труб;

монтаж оборудования замораживающей установки, обычно выполняемый параллельно с работами по бурению замораживающих скважин;

предварительное замораживание пород;

сооружение устья вертикального ствола в замороженной зоне обычным способом.

Порядок и организация работ по сооружению устья в замороженной зоне изложены в нижеприведенном примере сооружения устья скипового ствола шахты № 8 «Велико-Мостовская» (Львовско-Волинский угольный бассейн).

13. Сооружение устья скипового ствола шахты № 8 «Велико-Мостовская» с применением замораживания пород

Устье скипового ствола шахты № 8 одноступенчатовенцовой конструкции диаметром 5,5 м в свету и 7,5 м вчерне (рис. 45) закреплено бетоном. Толщина крепи 1 м. Опорный венец двухконический шириной 2,2 м, высотой 2 м. Устье глубиной 21 м сооружалось в слабых обводненных песчано-глинистых породах пльвунного характера, ниже которых залегал разрушенный обводненный мергель. Проходка ствола по мергелю велась также с замораживанием пород.

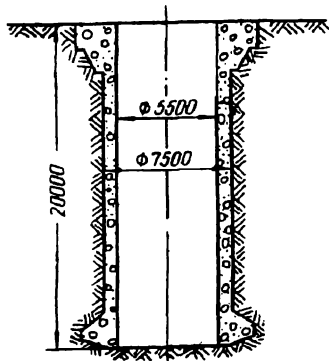


Рис. 45. Конструкция устья скипового ствола шахты № 8 «Велико-Мостовская»

Для замораживания пород, пересекаемых устьем и верхним участком ствола, было пробурено 26 замораживающих скважин глубиной 40 м. Скважины бурились: до глубины 20 м диаметром 248 мм и закреплялись трубами диаметром 219 мм, на глубину от 20 до 40 м — диаметром 198 мм, без закрепления трубами. Диаметр расположения замораживающих скважин 8,4 м; расстояние между замораживающими скважинами 1 м. Бурение скважин осуществлялось станками КАМ-500, четырехлопастными бурами, армированными твердым

сплавом. По мере окончания бурения скважин, в них монтировали замораживающие колонки, состоящие из замораживающих труб диаметром 146 мм и внутренних — питающих труб диаметром 46 мм.

Одновременно с бурением скважин монтировалась замораживающая установка, оборудованная тремя аммиачными компрессорами 4АУ-15. По окончании монтажа замораживающей установки и скважин, было проведено предварительное замораживание пород, контроль за ходом которого осуществлялся путем наблюдения за разностью температур рассола, замерами температуры в контрольных скважинах и уровня воды в гидронаблюдательной скважине.

В период замораживания пород над будущим устьем был смонтирован металлический проходческий копер конструкции УкрНИИОМШСа и установлены четыре лебедки ЛП-5 и три лебедки ПРЛ-15.

По окончании предварительного замораживания и монтажа проходческого копра и лебедок было начато сооружение устья. Работы велись в 4 шестичасовые смены при непрерывной рабочей неделе. В каждую смену работало по 11—12 проходчиков.

Сначала вручную был вырыт открытый котлован диаметром 10 м на глубину 2,5 м, в котором были установлены крючья временной крепи и опалубка. За опалубку был уложен бетон марки 150, затем устье было перекрыто проходческой рамой и дальнейшая его проходка осуществлялась с установкой временной крепи и с подъемом породы тихоходными лебедками ЛП-5 в бадьях емкостью 1,0 м³.

Отбойка замороженных пород производилась пневмоломами, а погрузка в бадьи вручную лопатами. Временная крепь из колец (швеллер № 20). Расстояние между кольцами — 0,8 м.

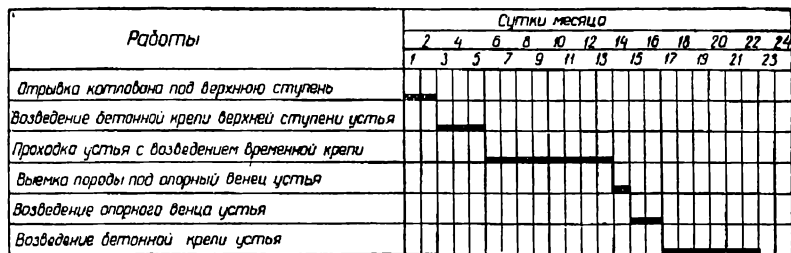


Рис. 46. Исполнительный график сооружения устья скипового ствола шахты № 8 «Велико-Мостовская»

По окончании проходки устья на глубину 21 м в забое были возведены бетонный опорный венец и постоянная крепь. При возведении бетонной крепи, снимались и производилась теплоизоляция породных стен из толя и шлаковаты, после чего за опалубку укладывали бетон. Средняя скорость проходки устья составляла 2,16 м в сутки, средняя скорость возведения бетонной крепи 3 м. Исполнительный график сооружения устья приведен на рис. 46.

Всего на сооружение устья было затрачено, не считая времени бурения замораживающих скважин и активного замораживания кольца временной крепи 22 дня. Средняя скорость сооружения устья при этом составила 1 м в сутки или 30 м в месяц.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сокращение сроков строительства угольных шахт требует применения комплексной механизации и четкой организации работ во всех звеньях и в первую очередь бесперебойного проведения горных выработок, определяющих продолжительность строительства шахт, начиная от устьев стволов и кончая нарезными выработками. Работы по сооружению устьев вертикальных стволов должны быть организованы так, чтобы они не только обеспечивали высокие темпы проходки стволов и исключали их аварии, но также позволяли бы переходить без простоев от проходки устьев к проходке вертикальных стволов.

Для безаварийной работы по сооружению устьев стволов высокими темпами необходимо осуществлять:

правильный выбор конструкции устьев для данных горно-геологических условий в зависимости от горнотехнических сооружений, опирающихся на устья, и определение расчетом прочных размеров устьев;

тщательную подготовку к проходке устьев и выполнение до начала работ по их сооружению всех подготовительных работ, предусмотренных оргстройпроектами;

обеспечение стройплощадки до начала сооружения устьев необходимыми материалами, оборудованием, электрической и пневматической энергией, а также кадрами рабочих и инженерно-технических работников;

наиболее полную механизацию всех процессов по сооружению устьев стволов имеющимися машинами и механизмами, а также четкую организацию работ по графикам цикличности.

Дальнейшее совершенствование конструкций устьев вертикальных стволов, их типизация, разработка и применение сборных железобетонных блочных конструкций, а также совершенствование механизации, технологии и организации работ по их сооружению позволят значительно сократить сроки и стоимость сооружения устьев стволов.

ЛИТЕРАТУРА

Бабичев Н. С. О высоте звена при проходке устьев вертикальных стволов. Шахтное строительство, 1957, № 4.

Залыгаев А. А. Проходка устьев стволов шахт в условиях Львовско-Волынского каменноугольного района. ЦИТИУгля, 1958.

Калмыков Е. П. Скоростная проходка вертикальных стволов угольных шахт. Углетехиздат, 1957.

Маньковский Г. И. Технические усовершенствования специальных способов проведения горных выработок. Углетехиздат, 1955.

Нормы и технические условия проектирования бетонных и железобетонных конструкций (НиТУ 123—55). Госстройиздат, 1955.

Нормы и технические условия проектирования естественных оснований зданий и промышленных сооружений (НиТУ 127—55). Госстройиздат, 1955.

Опыт проходки устьев шахтных стволов (сборник статей) ЦИТИУгледстрой, 1956.

Покровский Н. М. Проведение горных выработок. Углетехиздат, 1955.

Розенблит Г. Л. Приближенный метод расчета устья вертикального ствола. Шахтное строительство, 1958, № 1.

Справочник инженера строителя, том 1. Госстройиздат, 1958.

Смиренкин П. П. Основания и фундаменты. Из-во Министерства коммунального хоз-ва РСФСР, 1951.

Трупак Н. Г. Специальные способы проходки шахтных стволов. Углетехиздат, 1958.

Федоров С. А. Проходка и углубка вертикальных стволов шахт обычным способом. Углетехиздат, 1954.

Цымбаревич П. М. Рудничное крепление. Углетехиздат, 1951.

Цытович Н. А. Механика грунтов. Стройиздат, 1951.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

	<i>Стр.</i>
Введение	3
Глава I. Назначение и конструкция устьев вертикальных стволов	5
1. Назначение устьев вертикальных стволов	—
2. Поперечные размеры устьев вертикальных стволов в свету	6
3. Оборудование устьев вертикальных стволов и каналы, устраиваемые в них	7
4. Условия, определяющие конструкцию устьев вертикальных стволов	8
5. Конструкции устьев вертикальных стволов, проходимых обычным способом	11
6. Конструкции устьев вертикальных стволов, проходимых специальными способами	29
7. Классификация конструкций устьев вертикальных стволов	30
Глава II. Расчет крепи устьев вертикальных стволов	35
1. Предварительные замечания	—
2. Вертикальные и горизонтальные нагрузки, действующие на крепь устьев	36
3. Давление горных пород на крепь устья	37
4. Давление на крепь устья от влияния соседних фундаментов	40
5. Давление на нижележащую крепь ствола от влияния основания устья	42
6. Расчетное сопротивление грунтов	44
7. Определение толщины крепи устьев	46
8. Проверка напряжений в грунтовых основаниях и крепи устьев	50
9. Проверка крепи устьев на сопротивление разрыву	58
10. Расчет по образованию и раскрытию трещин	62
11. Глубина заложения оснований устьев	64
12. Определение высоты опорных венцов устьев	67
13. Проверка заложения основания крепи устья из условия невыпирания грунта	69
14. Пример расчета устья вертикального ствола	70
Глава III. Сооружение устьев вертикальных стволов	81
1. Подготовительные работы при сооружении устьев	—
2. Оборудование для сооружения устьев	84
3. Схемы сооружения устьев обычным способом	87
4. Организация работ при сооружении устьев обычным способом	89
5. Сооружение устья вентиляционного ствола шахты № 2 «Мушкетовская-Заперевальная» с применением комплекса передвижного оборудования КПШ	94

	<i>Стр</i>
6. Сооружение устья клетового ствола шахты № 17—17-бис с использованием временного проходческого копра	98
7. Выбор специальных способов сооружения устьев в тяжелых гидрогеологических условиях	102
8. Сооружение устьев с применением искусственного понижения уровня подземных вод	106
9. Сооружение устьев с применением вертикальной забивной крепи	108
10. Сооружение устья клетового ствола шахты № 5 «Велико-Мостовская» с применением деревянной вертикальной забивной крепи	112
11. Сооружение устьев под сжатым воздухом с подвижной рабочей камерой	116
12. Сооружение устьев с применением замораживания пород	117
13. Сооружение устья скипового ствола шахты № 8 «Велико-Мостовская» с применением замораживания пород	118
Заключение	120
Литература	121

Калмыков Евгений Павлович
Сооружение устьев вертикальных
стволов

Ответственные редакторы *В. М. Пришвиц*,
И. С. Ерашко

Редактор издательства *Л. Н. Зворыкина*
Техн. редактор *Г. М. Ильинская*
Корректор *Н. А. Козловская*

Сдано в набор 2/VI 1960 г. Подписано в печать
25/VII 1960 г. Формат бумаги 60×92¹/₁₆

Тираж 2 000 экз. Печ. л. 7,75 Уч.-изд. л. 7,21

Т-09004 Изд. № 298 Инд. 4/3 Цена 3 р. 60 к.

С 1 января 1961 г. цена 36 к. Заказ 352

Государственное научно-техническое
издательство литературы по горному делу
ГОСГОРТЕХИЗДАТ

Москва, Грузинский вал, д. 35

Московская типография Госгортехиздата.
Москва, Ж-88, Южно-портовый 1-й пр., 17.