

ГОУВПО
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Кафедра «Строительство зданий, подземных сооружений
и геомеханика»

Б.А. Лысиков

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

по дисциплине «Комплексы подземных
горных выработок»
для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»
специализация - «Шахтное и подземное строительство»

УТВЕРЖДЕНО
на заседании кафедры строительства
зданий, подземных сооружений и
геомеханики
Протокол № 5 от 04.12.2017

Донецк – 2017

Составитель:

Лысиков Борис Артемович – кандидат технических наук, профессор кафедры строительства зданий, подземных сооружений и геомеханики.

Конспект лекций по дисциплине «Комплексы подземных горных выработок» [Электронный ресурс] : для студентов уровня профессионального образования «специалист» специальности 21.05.04 «Горное дело» специализации «Шахтное и подземное строительство» всех форм обучения / ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. строительства зданий, подземных сооружений и геомеханики; сост. С.В. Борщевский. – Электрон. дан. (1 файл: 13,0 Мб). – Донецк:ДОННТУ, 2017. – 125 с. – Систем. требования: Acrobat Reader.

Приведено содержание всех лекций по дисциплине «Комплексы подземных горных выработок», перечень основной и дополнительной учебной литературы. Конспект лекций может быть полезен студентам всех форм обучения, изучающим предмет заочно или по индивидуальному графику со свободным посещением аудиторных занятий, а также преподавателям, занятым по данной дисциплине

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОТЯЖЕННЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК И КАМЕР

Глава I

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОТЯЖЕННЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК (СТВОЛОВ)

Общие сведения

Вертикальная горная выработка, имеющая значительную протяженность (глубину) при сравнительно ограниченных размерах поперечного сечения, а также непосредственный выход на земную поверхность, называется стволом шахты или рудника.

Назначение стволов различно. Так, стволы служат для вскрытия месторождений полезных ископаемых, для подъема полезных ископаемых на земную поверхность, для спуска и подъема людей, материалов, оборудования, для подачи свежего воздуха при проветривании подземных выработок, для выдачи породы, воды; при строительстве тоннелей и различного назначения камер — для развития фронта работ, а

следовательно, для ускорения строительства, для сооружения различных объектов специального назначения.

В соответствии с правилами безопасности на каждой шахте и руднике должно быть не менее двух выходов на поверхность, т. е. обычно не менее двух стволов. Один ствол служит для подъема полезных ископаемых и породы (скиповой или клетевой), а второй ствол — для подачи свежего воздуха в подземные выработки, подъема и спуска людей, материалов и оборудования. При большой мощности шахт и применении блоковой < схемы подготовки необходимо иметь в каждом блоке блоковые стволы. При разработке свит крутых пластов часто сооружают три ствола, один из которых служит для подготовки нового горизонта (углубки).

Размеры, форма сечения и глубина стволов определяются многими факторами; условиями вскрытия месторождения, производственной мощностью шахты или рудника, физико-механическими и гидрогеологическими свойствами пересекаемых пород, режимом вентиляции подземных работ (газоносностью

месторождения), сроком эксплуатации ствола и др.

Перейдя к общей технической характеристике стволов, можно отметить, что при разработке месторождений полезных ископаемых в связи с постоянным понижением горизонта разработки (в среднем в угольной промышленности 10—15 м, а в рудной до 23—25 м в год) и увеличением производственной мощности глубина и площадь сечения стволов увеличиваются.

Так, например, в дореволюционное время в Донбассе свыше 60 % стволов имели глубину до 200 м, в настоящее время средняя глубина сооружаемых стволов в Донбассе достигает 700 м. Ряд новых стволов шахт Донбасса имеет глубину стволов свыше 1000 м. Так, например, глубина скипового ствола на шахте «Прогресс» составляет 1319 м, на шахте им. Скочинского — 1300 м, глубина вентиляционного ствола на шахте «Шахтерская—Глубокая» 1310 м и др. В горнорудной промышленности на руднике «Таймырский» (Норильск) вентиляционный ствол имеет глубину 1630 м. В зарубежной практике (ЮАР) ствол Клооф имеет глубину 2040 м, -Ваал Рифе — 2438 м, Вестерн Дип — 3480 м.

Форма сечения и конструкция крепи стволов

Выбор формы сечения стволов обуславливается рядом факторов, из них наиболее важными можно признать: срок службы стволов, ожидаемый приток воды при сооружении стволов, материалы крепи и производственная мощность шахт.

На первых этапах развития горного дела, при весьма ограниченной производственной мощности шахт, малой глубине стволов и небольшом сроке эксплуатации шахт, стволы были прямоугольной формы поперечного сечения и даже не имели крепи, например, в Донбассе в дореволюционное время без крепи было пройдено 38 стволов и шурфов общей глубиной

В связи с увеличением производственной мощности шахт, сроков их эксплуатации и глубины стволов возникла необходимость иметь большую площадь поперечного сечения стволов и возводить крепь. Первоначальным материалом крепи стволов было дерево, что вызвало необходимость иметь сечение стволов прямоугольной формы.

Учитывая малую прочность деревянной крепи и принимая во внимание тяжелый режим ее эксплуатации в

стволе (наличие горного давления, приток воды, огнеопасность), а также значительные затраты на ремонт, в настоящее время деревянная крепь в стволах не имеет применения.

Использование для крепи стволов прямоугольной формы сечения металлических балок нецелесообразно из-за их большой стоимости, а также быстрого разрушения в результате увеличения производственной мощности шахт, сроков их службы и глубины разработки вызвали необходимость применения для крепи стволов более прочного и долговечного материала в виде монолитного бетона, кирпича, бетонных блоков и т. п. Этим материалам свойственна весьма значительная сопротивляемость усилиям сжатия, а так как напряжения сжатия в конструкциях крепи в наибольшей степени проявляются при круглой форме сечения стволов этой формы. Круглая форма сечения стволов в настоящее время нашла практически повсеместное применение в шахтном строительстве. К преимуществам ее следует отнести малое аэродинамическое сопротивление при движении воздуха для проветривания подземных выработок.

Конструкция крепи стволов. В современной практике сооружения стволов в обычных горно-геологических условиях, т. е. в устойчивых породах при ограниченных притоках воды, в качестве материала крепи почти исключительное применение имеет монолитный бетон. Так, например, в угольной промышленности монолитным бетоном крепят 97—98 % стволов, в горнорудной — 95% и в горно-химической — 60%. Такое же положение наблюдается и в зарубежной практике.

Основными преимуществами монолитной бетонной крепи являются: надежная и плотная связь с окружающими породами, что позволяет не иметь опорных венцов; широкие возможности механизации работ при ее возведении; достижение высокой водонепроницаемости (особенно при наличии малого числа швов); стойкость против агрессивных вод; значительное снижение аэродинамического сопротивления и др.

При сооружении стволов в устойчивых породах при ограниченных притоках воды с целью создания изолирующей оболочки, воспринимающей давление со

стороны горных пород и предохраняющей породы от влияния на них различных атмосферных агентов (воды, разности температур и др.), возможно применение в качестве крепи набрызгбетона. При наличии явно выраженного горного давления возможно сочетание набрызгбетона с металлической сеткой и анкерной крепью.

При наличии слабых и весьма водоносных пород применяют крепь из чугунных тубингов или стальных оболочек с заполнением пространства за крепью бетоном.

Толщину крепи стволов определяют в зависимости от горно-геологических условий и свойств пересекаемых стволом пород, его глубины и площади поперечного сечения. В устойчивых породах при ограниченных притоках воды толщину бетонной крепи при наличии жесткой армировки на протяженных участках ствола принимают без расчета, только в зависимости от глубины расположения участка ствола и при пологом залегании пород (в пределах 200—300 мм). При соответствующих обоснованиях допускается принимать крепь из набрызгбетона толщиной 80-150 мм (СНиП II—94—80 «Подземные горные выработки»).

В малоустойчивых породах наряду с учетом горно-геологических факторов, т. е. наличия тектонических нарушений, величины угла падения пород, наличия напорных водоносных горизонтов, необходимо учитывать ряд технологических факторов. При производстве работ по выемке породы буровзрывным способом в результате воздействия взрывания шпуров, непосредственно примыкающих к контуру ствола, возникают нарушения ее сплошности, развиваются трещины, достигающие значительной глубины (до 0,5—0,7 м), что вызывает разрушение крепи. Расчет крепи стволов осуществляется по СНиП II-94 —80.

Крепь устья стволов сооружают из монолитного бетона или железобетона.

Армирование стволов

Армирование стволов представляет собой пространственную конструкцию, которая размещается по всей глубине ствола и используется для заданного и безопасного направления подъемных сосудов (скапов и клетей) при движении их по стволу.

В зависимости от конструкции применяемой армировки она может быть жесткой или гибкой (канатной).

Жесткая армировка состоит из расстрелов и проводников (направляющих).

Расстрелы — горизонтально уложенные балки, закрепляемые в крепи ствола. Расстрелы являются основными несущими элементами армировки.

Проводники служат для перемещения в заданном направлении подъемных сосудов. Проводники крепят к расстрелам. Расстрелы располагают в одной горизонтальной плоскости в стволе, которая называется ярусом армировки. Расстояние между ярусами армировки принимается постоянным и называется шагом армировки.

При *гибкой армировке* в качестве проводников применяются канаты, и тогда расстрелы исключаются.

Основные требования, предъявляемые к армировке, сводятся к обеспечению безаварийной работы подъема при заданной скорости движения подъемного сосуда.

В практике строительства шахт в СССР наибольшее применение имеет *жесткая армировка*.

Широкое применение жесткой армировки обусловлено рядом ее преимуществ: отсутствием бокового смещения подъемных сосудов при движении по стволу; наличием малых зазоров между подъемными сосудами; возможностью работы подъема при наличии искривления ствола и др.

Жесткая армировка имеет и недостатки: большую металлоемкость; сложность монтажа; значительное сопротивление воздушной струе; коррозионное разрушение в результате притока агрессивных вод; возможность ударов подъемных сосудов на стыках проводников, что вызывает износ направляющих лап и уменьшает срок службы подъемных канатов. Правильно выбранный профиль балок расстрелов и проводников и особенно их тщательная и точная установка в стволе в значительной степени могут исключить указанные недостатки.

Рассмотрим элементы жесткой армировки.

Расстрелы в зависимости от их назначения подразделяют на главные, если к ним прикрепляются проводники для направления перемещающихся подъемных сосудов, и вспомогательные, если они

предназначаются для монтажа на них лестничного отделения и укрепления различных труб, кабелей и др.

Для стволов ограниченной глубины и производственной мощности шахт применяют расстрелы из двутавровых балок, а для стволов больших производственной мощности и глубины-расстрелы коробчатой формы.

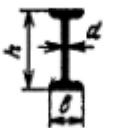
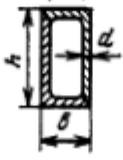
В табл. 1 приведены профили, размеры и основные показатели балок расстрелов.

Коробчатый профиль имеет ряд преимуществ по сравнению с двутавровым: более высокий момент сопротивления в горизонтальной плоскости при сохранении той же массы профиля, больший крутящий момент, снижается аэродинамическое сопротивление, уменьшается влияние коррозии, которая при двутавровом профиле распространяется по всему периметру сечения, а при коробчатом профиле только по наружному контур

снижения аэродинамического сопротивления расстрелов двутаврового профиля возможно применение обтекателей. На рис. 1 показаны различные формы обтекателей и возможное снижение коэффициента аэродинамического сопротивления а при их применении

(d — ширина полки расстрела). Обтекатели могут быть изготовлены из металла и стеклопластика.

Таблица 1

Профиль проката, размеры сечения $h \times b \times d$, мм	Профиль	Масса 1 м длины, кг	Момент инерции, см ⁴		Момент сопро- тавления, см ³	
			I_x	I_y	W_x	W_y
Двутавровый, ГОСТ 19425—74: I 24 м—240×110×8,2 I 27СА—270×124×10,5 I 30М—300×130×9		38,3	4640	276	387	50,2
		47	6870	366	507	59
		50,2	9500	480	633	73,9
Коробчатый: 170×104×10 218×130×12 300×150×14		40	1900	850	223	163
		60	4450	2015	420	310
		99	14220	4410	950	588

Примечание. h , b , d —высота, ширина и толщина профиля.

При высококоррозийных свойствах воды в стволе, могущей вызвать быстрое разрушение металлических расстрелов, возможно применение расстрелов из железобетона. Железобетонные расстрелы обтекаемой формы (рис. 2) имеют ряд недостатков— большую массу, сложность закрепления на расстрелах проводников и самих расстрелов в крепи ствола.

Жесткие проводники могут быть приняты из деревянных брусьев, рельсов и балок коробчатого профиля.

Деревянные проводники изготавливают в виде брусьев из сосны или лиственницы с площадью сечения 10x16; 18x18 и 20x20 см.

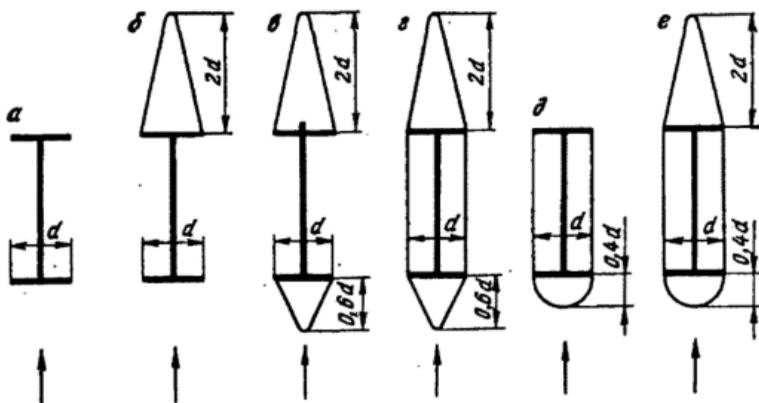


Рис. 1. Формы обтекателей:

а — при $\alpha=100\%$; б, в, г, д, е — при снижении α соответственно на 15; 25; 35; 40 и 50 %

К недостаткам проводников из дерева необходимо отнести: небольшой срок службы, частые ремонты, малые прочность и жесткость. Все это исключает возможность применения их в стволах большой глубины и в шахтах значительной производственной мощности.

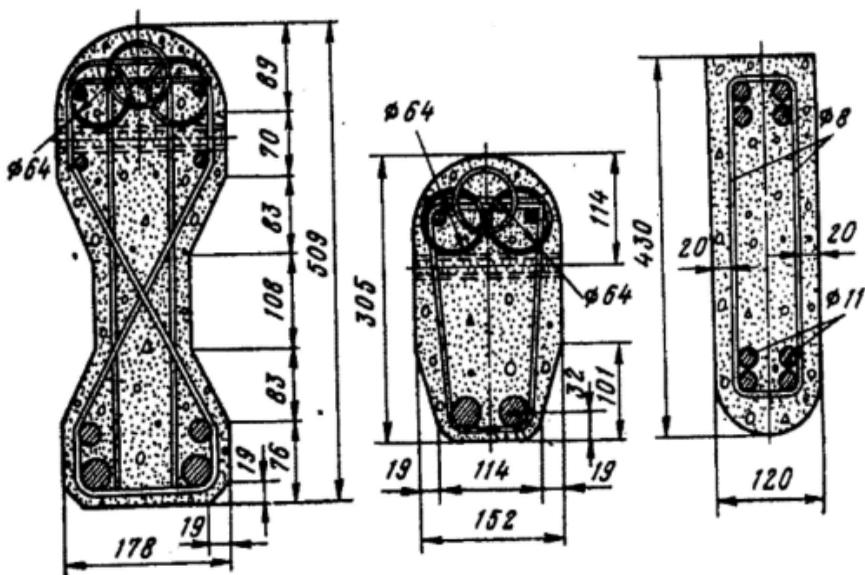


Рис. 2. Профили железобетонных растрелов

Таблица 2

Профиль, размеры сечения $h \times b \times d$, мм	Профиль	Масса 1 м длины, кг	Момент инерции, см ⁴		Момент сопротивления, см ³	
			I_x	I_y	W_x	W_y
Рельс Р-43 ГОСТ 7173—54, 140×114×14,5		44,63	1489	260	217,3	45
Рельс Р-50 ГОСТ 7174—75, 152×132×75		51,67	2011	375	208,3	55
Коробчатый: 170×160×12		58,4	3080	2790	362	348
190×200×16		91	5910	6420	622	642

Возможно применение деревянных проводников в стволах, где производят спуск и подъем людей, так как они обеспечивают плавность хода подъемных сосудов и большую надежность работы парашютов. В современном шахтном строительстве в стволах исключительно применяют металлические проводники из рельсов или коробчатого профиля. В табл. 2 приведены профили, размеры и основные показатели металлических проводников.

К недостаткам рельсовых проводников можно отнести: неравномерное распределение металла в сечении рельса и вследствие этого большое различие между значениями моментов инерции, относительно осей, малый момент сопротивления, небольшие размеры головки рельсов, что исключает возможность применения роликовых направляющих. Для устранения этих недостатков рельсовых проводников приходится снижать скорость подъема.

В практике сооружения глубоких стволов при учете больших концевых нагрузок подъемных сосудов и значительных скоростей подъема рельсовые проводники заменяют на проводники коробчатого профиля.

Конструктивные схемы армирования определяют расположением расстрелов и проводников в пределах яруса и шагом армировки. Расположение проводников относительно подъемных сосудов может быть боковыми односторонним и двусторонним, лобовым.

Одностороннее расположение проводников характерно для клетевых подъемов.

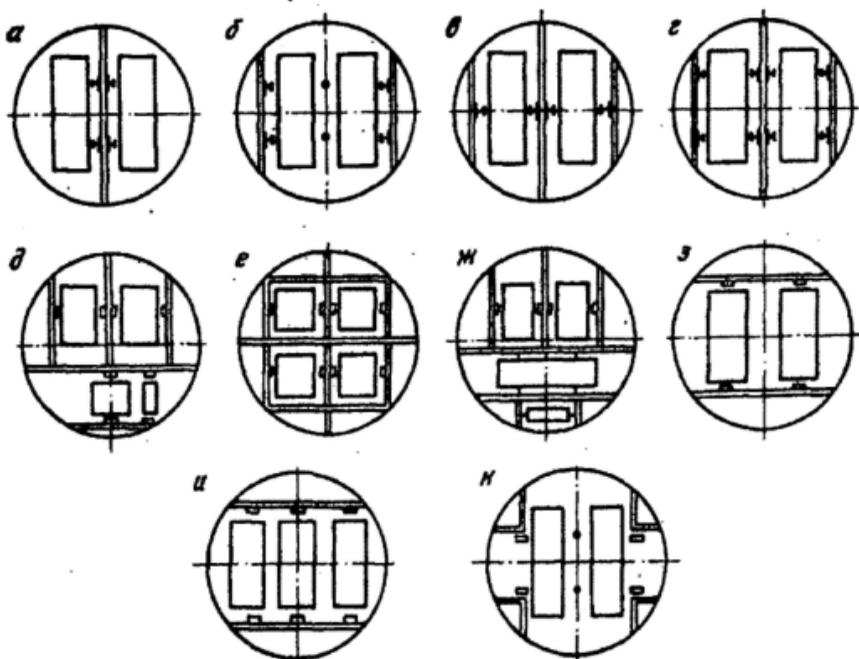


Рис. 3. Схемы армировки

Проводники располагают с одной длинной стороны клетки и укрепляют к одному центральному расстрелу (рис. 3, а) или к двум боковым расстрелам (рис. 3, б). В

последнем случае между клетями натягивают отбойные канаты.

Одностороннее расположение проводников обеспечивает уменьшение амплитуды поворотных колебаний клетки вокруг вертикальной оси и снижает аэродинамическое сопротивление ствола. При этом в меньшей степени будет сказываться возможное искривление ствола, которое иногда имеет место при разработке месторождений с крутым залеганием пластов. Основным недостатком одностороннего расположения проводников является необходимость применения рельсовых проводников с жесткими лапами скольжения закрытой конструкции.

Двустороннее расположение проводников применяется как при клетевом, так и при скиповом подъемах. Оценив схемы, можно установить, что при наличии для каждой клетки двух проводников (рис. 3, в) возможны большие амплитуды поворотных колебаний—клетки, чем при схеме, показанной на рис. 3, г. Применение четырех боковых проводников увеличивает опасность заклинивания клетки даже при незначительной деформации ствола или

недостаточно высоком качестве монтажа проводников, увеличивает расход металла и вызывает повышение аэродинамического сопротивления ствола. Схемы, показанные на рис. 3, *д* и *е*, наиболее распространены при скиповых подъемах, а на рис. 3, *ж* — при комбинированном (скиповом и клетевом) подъеме.

Лобовая схема (рис. 3, *з, и*) имеет применение в основном при клетевых подъемах. Ее применение обеспечивает меньшие угловые смещения, чем при двустороннем расположении, сокращение длины расстрелов и облегчает режим вентиляции. Недостатком схемы является необходимость иметь разрыв ниток проводников на приемных площадках в околоствольном дворе и в надшахтном здании.

Консольно—распорная армировка (рис. 3, *к*) обеспечивает снижение металлоемкости и значительно уменьшает аэродинамическое сопротивление при проветривании. Схему целесообразно применять для вспомогательных стволов малых площадей сечений при оборудовании их клетевым подъемом.

Шаг армирования определяют при учете большого числа факторов — схемы армировки, профиля

проводников и расстрелов, режима подъема (величины концевой нагрузки и скорости подъема).

В отечественной практике при применении деревянных проводников шаг армировки обычно принимают равным 2 м. При применении рельсовых проводников их стыки стремятся располагать на расстрелах, и при длине рельсов 12,5 м шаг армировки может быть равным 3,125 м или 4,168 м. При коробчатом профиле проводников шаг армировки принимают обычно равным 4 м.

Конструкции крепления элементов армировки. Для обеспечения безопасного движения подъемных сосудов по стволу необходимо иметь весьма надежное и прочное закрепление расстрелов и проводников. Расстрелы при применении крепи стволов из монолитного бетона и при значительной ее толщине (до 400—500 мм) закрепляют в лунках. Лунки делают глубиной, равной $\frac{2}{3}$ высоты расстрела, но не менее 200 мм. В том случае, когда крепь ствола имеет меньшую толщину (крепь из набрызгбетона), лунки устраивают в боковых породах. Заделка расстрелов должна выполняться весьма тщательно. Для предотвращения осевых смещений

рельсов к концам расстрелов приваривают анкерные зацепы.

При наличии устойчивых (прочных) пород возможно закрепление расстрелов анкерами. На рис. 4, а показана схема закрепления расстрелов с помощью четырех анкеров. Для плотного примыкания расстрела 1 к крепи ствола концы его срезают в соответствии с профилем стенки ствола. В ребрах расстрела на его краях просверливают по два отверстия, в которые вставляют конусные втулки 2, служащие направляющими при бурении скважин для анкеров 3. Анкеры принимают с распорными или клиновыми головками. Диаметр анкера 30—36мм, а его длина обуславливается режимом работы подъема и прочностью породы (обычно длина анкера изменяется от 0,5 до 0,75 м).

На рис. 4, б показан кронштейн для крепления расстрела коробчатого профиля с помощью четырех анкеров.

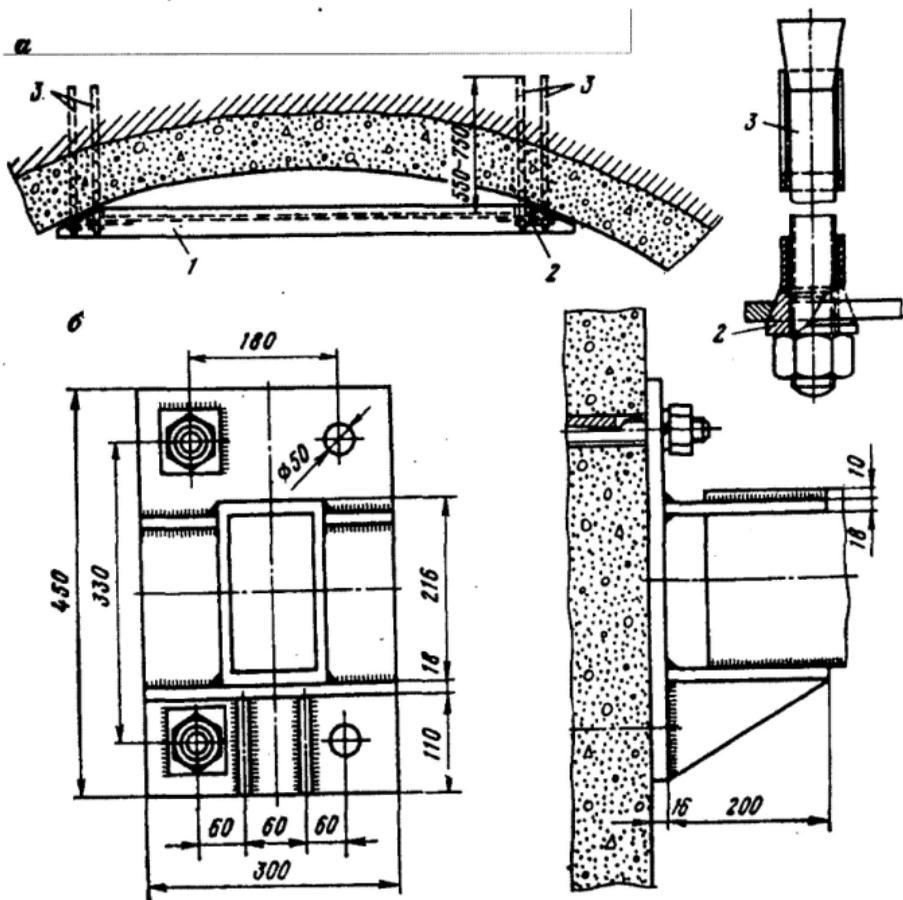


Рис. 4. Схемы закрепления расстрелов анкерами

Расстрелы устанавливают на кронштейнах и закрепляют сваркой. На рис. 5, а показан анкер, состоящий из стержня 1 диаметром 30 мм, ступенчатого клина 2 и опорной шайбы 3. Анкер в целом имеет вид многоступенчатого клина с различной длиной ступеней.

При установке анкера его затягивают гайкой 4, происходит расклинивание стержня и клина. При этом усилие распределяется по всей длине анкера.

Закрепление расстрелов с помощью анкеров широко распространено в ПНР, где применяют так называемые клеиваемые анкера с помощью полиэфирных смол. На рис. 5, б показан клиновой анкер, а на рис. 5, а — цилиндрический. Размеры анкеров: длина 320—360 мм, диаметр 30 мм. Вклеивающий патрон имеет длину 200—280 мм и диаметр 30 мм. Усилие закрепления достигает величины 100 кН через 10—20 мин от момента установки, увеличиваясь в течение 30 мин до 200 кН.

Расстрелы при применении крепи стволов из металлических стволов сооружается один ствол большой площади сечения. Такой ствол выполняет две функции — он служит для подъема полезного ископаемого и проветривания при подаче, но нему свежей и исходящей струи воздуха. Для выполнения проветривания в этом случае ствол по всей глубине разделяют на два отделения прочной воздухонепроницаемой и огнестойкой перегородкой (перемычкой).

По одному отделению поступает свежий, а по другому одновременно подъемному отделению — исходящая струя воздуха.

В качестве примера укажем: на руднике «Эльсбург» (ЮАР) — ствол глубиной 2160 м и диаметром в свету 10,5 м был разделен перегородкой толщиной 200 мм почти на две равные части (рис. 22, а); на руднике «Президент Стейн» (рис. 22, б) ствол глубиной 2366 м эллипсовидного сечения с размерами осей ; 10,2 и 10,97 м был разделен перегородкой на два отделения с площадью сечения 29 и 57,6 м² и др.

Глава II

ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАКЛОННЫХ СТВОЛОВ, СЪЕЗДОВ И ВОССТАЮЩИХ ВЫРАБОТОК

Проектирование наклонных стволов

Наклонные стволы для вскрытия месторождений полезного ископаемого в практике шахтного строительства имели достаточно большое распространение. Ограниченная пропускная способность подъемных установок наклонных стволов, обычно

оборудованных рельсовыми путями и канатным подъемом, увеличение длины стволов по мере разработки месторождения и в связи с этим снижение их пропускной способности послужили основанием постепенного исключения их применения в Шахтном строительстве. Наклонные стволы заменялись вертикальными стволами.

Дальнейшее развитие средств механизации добычи полезных ископаемых, т. е. переход при выемке угля комбайнами, транспортирование угля в лавах конвейерами позволили резко увеличить нагрузку на лавы и производительность шахт в целом.

В настоящее время при строительстве шахт с весьма большой производительностью с целью обеспечения непрерывного (без перегрузок) потока угля от лавы до земной, поверхности вновь находят применение наклонные стволы, оборудованные Для выдачи угля ленточными конвейерами. Такие наклонные .Конвейерные стволы имеют применение в горнорудной промышленности и при транспортировании полезного ископаемого из карьеров на обогатительные комбинаты.

Вскрытие месторождения при наличии наклонных стволов обычно осуществляют в сочетании с вертикальным стволом.

Вертикальный ствол выполняет вспомогательные функции, т.е. спуск и подъем людей, доставку материалов, оборудования и др.

Проветривание подземных работ, может быть осуществлено путем подачи свежего воздуха через вертикальный ствол, а исходящей струи воздуха — через наклонный ствол.

Движение исходящей струи воздуха по наклонному стволу ограничено в связи с тем, что с повышением скорости возникает взметывание угольной пыли и мелочи с конвейерной ленты (предельная скорость вентиляционной струи по взметыванию угольной пыли составляет около 4 м/с). Таким образом, проветривание является одним из ограничивающих факторов применения наклонных стволов при большой производственной мощности шахт. Для устранения этого недостатка можно иметь наклонный ствол нейтральным но тогда для осуществления проветривания необходимо

иметь два вертикальных ствола (для свежей и исходящей струи воздуха).

Сопоставив применение наклонных и вертикальных стволов, можно отметить, что наклонный ствол имеет следующие преимущества: спуск в шахту и выход людей на поверхность возможен и в случае аварий, т.е. без использования подъемных установок; осмотр и ремонт конвейерных установок возможны без прекращения их работы по выдаче полезного ископаемого; конвейерные установки работают непрерывно и требуют меньше (около 80%) установленной мощности подъемных машин при вертикальном подъеме; пропускная способность конвейерного подъема может достигнуть весьма большой величины.

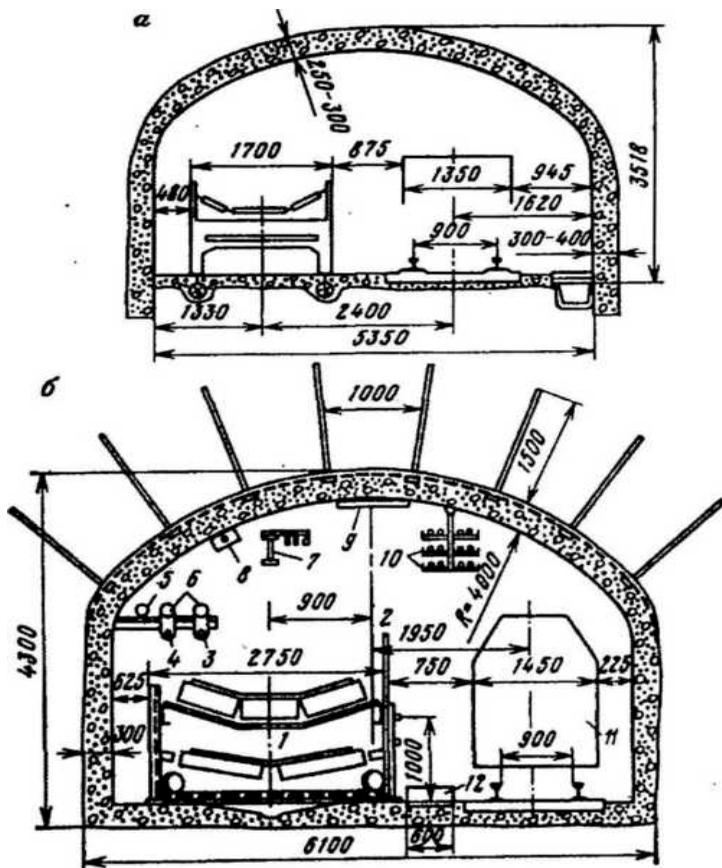
К недостаткам наклонных стволов можно отнести:

значительную их протяженность (так при угле наклона ствола $15\text{--}16^\circ$ длина наклонного ствола в 4—4,2 раза больше, чем вертикального); значительные потери полезного ископаемого в предохранительном целике по сравнению с вертикальным стволом, а также большие затраты на поддержание и ремонт конвейера и ствола.

В СССР наклонные стволы имеют применение в угольной и горнорудной промышленности, так, например, на шахте «Распадская» ПО «Южкузбассуголь» имеются два ствола длиной 1250 м с углом наклона 16° и площадью сечения в свету $15,4 \text{ м}^2$ с постоянной крепью из монолитного бетона (рис. 23 а). В Кривбассе наклонный ствол шахты № 2 на руднике им. Артема имеет длину 2940 м, угол наклона 16° , площадь сечения в свету 18 м^2 .

Крепь ствола в прочных породах — набрызгбетон с анкерами и металлической сеткой, а в более слабых — из бетонных блоков. На рис. 23, б представлено сечение наклонного ствола одного из ГОКов в Кривбассе. Ствол имеет угол наклона 15° , площадь сечения в свету $19,3 \text{ м}^2$. крепь — монолитный бетон. Ствол оборудован ленточным конвейером 1 с шириной ленты 2 м. За разъемным ограждением 2 размещается фуникулер 11, используемый для доставки материалов, деталей, оборудования и при производстве ремонтных работ. Для перемещения ремонтных рабочих имеется лестница 12. По стволу проложены трубопроводы: сжатого воздуха 5, водоснабжения 4, кислорода 3, перфорированные трубы для смыва пыли 8, системы отопления 6, магистраль

сварочных трансформаторов 8, кабели связи 10, светильники 9. Для текущего ремонта конвейера размещают тельфер 7 грузоподъемностью 0,5 т. По длине ствол через каждые 50 м оборудуют нишами.



Наклонные съезды

В современной практике при разработке рудных месторождений широкое применение получают различные самоходные горные машины и механизмы — погрузочные и погрузочно-доставочные машины, бурильные установки для бурения Щпуров и скважин, оборудование для зарядания шпуров, самоходные полки для оборки породы в выработках и камерах, для производства крепления выработок монолитным бетоном, набрызгбетоном, анкерами и т. п. Машины обычно монтируют на пневмоколесном шасси или гусеницах. Для осуществления перевода самоходных машин с одного горизонта на другой в руднике, выдачи их на земную поверхность для капитального ремонта, доставки различных материалов. Значительные основные размеры самоходного оборудования, исключаяющие возможность спуска в рудник и выдачу на поверхность по стволу, вызывают необходимость иметь наклонные спиральные съезды. В настоящее время спиральные наклонные съезды в скандинавских странах получают развитие, особенно в горнорудной промышленности. Так, например, на полиметаллическом руднике «Шалкая»

применен спиральный съезд длиной 2000 м, на никелевом руднике сКрейтонэ спиральный съезд достигает глубины 2000 м, на медном руднике «Пихясальми» — глубины 537 м и др.

Наклонные спиральные съезды сопрягают с каждым рабочим и подготавливаемым горизонтами. Съезды проводят под углом 12—14°. Они имеют поперечное сечение, рассчитанное на однополосное движение самоходных машин.

На рис. 24 показана схема расположения выработок при вскрытии месторождения

Спиральный съезд имеет площадь поперечного сечения 16 м², угол наклона 12°. На* почве съезда делают подсыпку из дробленой породы с толщиной слоя 20—25 см. В сечении

съезда проложены два става вентиляционных труб диаметром 760 мм, трубопровод сжатого воздуха, водопровода и кабели связи.

Протяженные наклонные выработки

При разработке угольных месторождений для подготовки к эксплуатации шахтного поля проводят наклонные выработки — бремсберги и уклоны.

Бремсберги и уклоны проводят по углю с подрывкой пород или как полевые, т. е. по породе.

Объем проведения бремсбергов и уклонов, км в год, в шахтном строительстве составляет:

с подрывкой по углю, в знаменателе — данные при проведении полевых выработок.

Наклонные выработки имеют различную форму сечения. Для выработок с ограниченным сроком службы (участковые бремсберги и уклоны) применяют арочную металлическую крепь, а при длительном сроке—монолитную бетонную. Размеры сечения наклонных выработок определяются правилами безопасности. Передвижение людей по наклонным выработкам (уклонам и наклонным шахтам) должно осуществляться с помощью механизированной перевозки. Запрещается передвижение людей по наклонным выработкам, по которым производится откатка грузов вагонетками или другими откаточными сосудами. Параллельно уклонам и бремсбергам должны одновременно проводиться ходки (рис. 25). Ходки, не оборудованные средствами механизированной перевозки людей, должны иметь высоту не менее 1,8 м в свету и

свободный проход шириной не менее 0,7 м. В зависимости от угла наклона перилами и лестницами. Запрещается производить эксплуатационные работы в уклонах и бремсберговых полях шахты без наличия указанных людских ходков.

Бремсберги проводят совместно с людским ходком в направлении снизу вверх. Выемку угля и породы, учитывая обычно газовый режим шахты, осуществляют с помощью комбайнов избирательного действия с доставкой горной массы из забоя конвейерами с последующей перегрузкой в вагонетки.

Уклоны проводят сверху вниз с применением буровзрывных работ. Погрузка горной массы осложняется наклонным положением забоя и в связи с этим обычно осуществляется скреперными установками с последующей перегрузкой горной массы в составы вагонеток. При больших углах наклона (более 20— 30°) для транспортирования горной массы из забоя применяют скипы.

Проведение уклонов осложняется наличием притока воды, скапливающейся в забое, что вызывает снижение скорости проведения.

Среднемесячные скорости проведения бремсбергов и уклонов по Минуглепрому СССР составляют: при проведении бремсбергов и уклонов с подрывкой по углю соответственно 80 и 70 м, при проведении полевых бремсбергов и уклонов — соответственно 40 и 35 м.

Рудоспуски и углеспуски

При эксплуатации рудных месторождений при крутом залегании рудной залежи, большой производительности рудника используют капитальные рудоспуски. Рудоспуски обеспечивают возможность перепуска добытой руды и в отдельных случаях воды с верхних на нижний горизонт. На околоствольном дворе нижнего горизонта сооружают комплексы камер для приемки и дробления руды и бункеры для загрузки руды в подъемные сосуды ствола.

Применение рудоспусков позволяет сократить число капитальных выработок на каждом горизонте (околоствольные дворы) и снизить сроки подготовки отдельных рабочих горизонтов, но увеличивает капитальные вложения при строительстве стволов шахт и сроки строительства.

На рис. 26 представлен капитальный рудоспуск, который имеет круглую форму сечения диаметром 3,6 м. В поперечном сечении рудоспуска монтируют две стальные трубы 1 диаметром—1,4 м, которые оборудуются спиральными спусками для равномерного без ударов движения руды; лестничное отделение отделение для доставки материалов 2 трубопроводы: для вентиляции 7, водоотлива 5, сжатого воздуха 4 и кабелей 6 на стойках (рис. 29, а). Часть фурнелей для передвижения людей делают со специальным отделением (рис. 29,б), их также используют и для проветривания.

Глава III

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОТЯЖЕННЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

Горизонтальные выработки имеют наибольшее распространение в горной промышленности как при строительстве новых шахт и рудников, так и при эксплуатации месторождений.

Средний годовой объем проведения горных выработок, км, при строительстве шахт угольной и рудной промышленности приведен в табл. 7.

В угольной промышленности на 1000 т добываемого угля проводят около 12—16 м выработок, и общий объем проведения их в год составляет около 6,5—7 тыс. км. Большие объемы проведения выработок с целью сокращения работ по ремонту и поддержанию, требуют весьма тщательно обоснованных решений в части выбора формы и размеров их поперечного сечения, материала и конструкции крепи.

Форма сечения горизонтальных выработок

Форма сечения горизонтальных выработок на первом этапе развития горной промышленности была криволинейного очертания—неправильный по форме свод (рис. 30,а). По мере развития горной промышленности выработки должны были иметь большую площадь поперечного сечения, их необходимо было крепить. Так как наиболее доступным и легко обрабатываемым материалом было дерево, а ему свойственна форма балки, то выработкам стали придавать прямоугольную (рис. 30, б) или трапециевидную форму (рис. 30, в). Дальнейший рост производственных мощностей горных предприятий, постепенный переход на

более глубокие горизонты разработки, сложность проветривания вызвали, с одной стороны, увеличение площади сечения выработок, а с другой — удлинение срока их службы.

форму с вертикальными стенками (рис. 30,г), а при металлической крепи—арочную форму (рис. 30, д). В породах небольшой прочности применяли железобетонные рамные (рис. 30, е) и арочные крепи (рис. 30, ж). При проведении выработок при значительном сроке их эксплуатации (капитальные выработки) применяют сборную железобетонную тубинговую крепь (рис. 30, з) и металлобетонную крепь (рис. 30, и). В прочных породах широкое применение имеют крепи из набрызгбетона (рис. 30, к) и анкерная крепь, а также комбинированная крепь — набрызгбетон в сочетании с анкерами.

По мере дальнейшего увеличения глубины разработки горные породы постепенно начинают

приобретать пластическое состояние, под влиянием чего они стремятся выдавливаться в выработки без явно выраженного разрыва их сплошности. В этих условиях необходимо закреплять выработки замкнутой крепью. На рис. 30, л представлена крепь выработки из монолитного бетона при наличии обратного свода для восприятия давления со стороны выдавливаемых пород почвы. На рис. 30, м представлена крепь выработки из бетонных блоков, применение которой целесообразно при недостаточно устойчивых породах и значительных глубинах разработки. При всестороннем горном давлении выработке придают круглую форму сечения, применяя замкнутую крепь.

В табл. 8 приведены данные о применении различных конструкций крепи в горизонтальных и наклонных капитальных выработках (без наклонных стволов).

В капитальном строительстве в угольной промышленности горизонтальные и наклонные выработки в основном закрепляют металлической арочной крепью (85 %), а в горнорудной — анкерной крепью (30,7%) и набрызгбетоном (43,4%).

Проектирование размеров поперечного сечения горизонтальных и наклонных выработок

Для безопасной эксплуатации выработок необходимо обеспечить условия беспрепятственного транспортирования грузовых потоков, безопасное-передвижение людей, а также режим проветривания.

Минимальные размеры поперечного сечения выработок в свету:

для главных откаточных и вентиляционных выработок

4,5 м² — при деревянной, сборной железобетонной и металлической крепи и 4 м² — при каменной, монолитной железобетонной, бетонной и гладкостенной сборной железобетонной крепи при высоте не менее 1,9 м от головки рельсов;

1 для участковых вентиляционных, промежуточных и конвейерных штреков, людских ходков, участковых бремсбергов, уклонов и ортов — 3,7 м² при высоте не менее 1,8 м;

для вентиляционных просеков, печей, косовичников $1,5 \text{ м}^2$;

для откаточных и главных вентиляционных выработок 4 м^2 —при деревянной и металлической крепи и не менее

$3,5 \text{ м}^2$ — при каменной и бетонной крепи при высоте этих выработок в свету не менее 2 м от головки рельсов;

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

для вентиляционных восстающих, сбоек и т. п. не менее 15 м^2 .

Размеры поперечного сечения горизонтальных выработок определяются основными размерами транспортного оборудования, принятого для выдачи горной массы, а также различного оборудования (силовые кабели, трубопроводы и др.) и числом рельсовых путей. Обычно размеры сечения откаточных выработок (штреков) определяют из условия размещения двух путей, а в квершлагах и полевых штреках — одного или двух путей, что определяется величиной грузооборота,

принятым способом транспортирования и длиной выработки.

Горизонтальные выработки, по которым транспортируют грузы, должны иметь расстояния (зазоры) между крепью или размещенными в выработках оборудованием и трубопроводами и наиболее выступающей кромкой габарита подвижного состава не менее 0,7 м (для прохода людей), а с другой стороны — не менее 0,25 м при деревянной, металлической и рамных конструкциях железобетонной и бетонной крепи и 0,2 м при сплошной бетонной, каменной и железобетонной крепи.

Ширина прохода для людей должна быть 0,7 м, а высота выработки не менее 1,8 м от почвы (рис. 31, а). Проходы для людей на всем протяжении выработок должны быть на одной и той же стороне.

Зазор между наиболее выступающими кромками габаритов встречных электровозов (вагонеток) должен быть не менее 0,2 м, указанные зазоры должны быть выдержаны также и на закруглениях (рис. 31; б).

На двухпутных участках выработок околоствольных дворов и во всех других двухпутных

выработках в местах, где производят маневровые работы, а также сцепку и расцепку вагонеток или составов, у стационарных погрузочных пунктов производительностью 1000 т в сутки и более, а также в однопутных околоствольных выработках клетевого ствола зазоры должны быть по 0,7 м с обеих сторон.

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

В выработках, оборудованных конвейерной доставкой, ширина прохода по высоте конвейера должна быть, с одной стороны, не менее 0,7 м, а с другой — 0,4 м. Расстояние от верхней выступающей части конвейера до верхняка должно быть не менее 0,5 м, а у натяжных и приводных головок — не менее 0,6 м.

В горизонтальных выработках, оборудованных конвейерами и рельсовыми путями, зазор между крепью и конвейером на высоте конвейера должен быть не менее 0,4 м, между конвейером и подвижным составом — не

менее 0,4 м, между крепью и подвижным составом — 0,7 м на высоте 1,8 м от почвы (рис. 31, в).

В наклонных выработках, Оборудованных конвейерами и рельсовыми путями, зазоры между крепью и конвейером должны составлять 0,7 м, между конвейером и подъемным составом— 0,4 м и между подвижным составом и крепью —0,2— 0,25 м в зависимости от вида крепи.

При монорельсовом транспорте расстояние между днищем сосуда или нижней кромкой перемещаемого груза и почвой выработки должно быть не менее 0,4 м. Зазоры между наиболее выступающей частью грузового контейнера и крепью со стороны свободного прохода должны быть не менее 0,7 м, а с другой—не менее 0,2 м (рис. 31, г).

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

При локомотивной откатке высота подвески контактного провода должна быть не менее 2 м от головки рельсов. Допускается подвешивание контактного провода на высоте не менее 1,8 м от головки рельсов при перевозке людей по выработкам или при наличии отдельных выработок (отделений) для передвижения людей. На посадочных и погрузочно-разгрузочных площадках, а также в местах пересечения выработок, по которым передвигаются люди, с теми выработками, где имеется контактный провод, высота подвески должна быть не менее 2 м. Контактный провод в околоствольном дворе на участке передвижения людей до места посадки людей в вагонетки должен быть подвешен на высоте не менее 2,2 м, а в остальных выработках околоствольного двора — не менее 2 м от головки рельсов. В местах подвески расстояние контактного провода до верхняка крепи должно быть не менее 0,2 м. Расстояние от токоприемника электровоза до крепи выработки должно быть не менее 0,2 м.

На закруглениях и в местах укладки стрелочных переводов необходимо увеличение междупутья и расстояния между осью пути и крепью. Это увеличение

определяют в зависимости от радиуса закругления и сцепной массы электровоза (табл. 9).

Во всех остальных случаях величину уширения выработки на закруглениях следует определять по формулам: с наружной стороны кривой

$$Ax = (D8 - \sqrt{v}); \text{ с внутренней стороны кривой } A = a^*/(8),$$

где l — длина подвижного состава (электровоза, вагонетки), м; a — жесткая база; r — радиус закругления, м

В околоствольных дворах, на основных откаточных выработках, в уклонах и бремсбергах при вагонетках вместимостью до 2 м³ должны применяться рельсы Р-24; при большей вместимости вагонеток рельсы Р-33 и Р-38.

промежуточных и вентиляционных штреках допускаются рельсы Р-18.

Шпалы применяют деревянные и в ответственных выработках железобетонные. Деревянные шпалы делают из бруса толщиной 110—130 мм с шириной нижней постели 180—240 мм. Длина шпал при колее 600 мм 1100 мм и колее 900 мм 1400 мм. Железобетонные шпалы имеют толщину 110—145 мм с шириной нижней постели

190—220 мм. Шпалы укладывают на устроенном полотне с последующей балластировкой, причем шпалы погружают в балласт на $2/3$ их толщины, под шпалами принимается слой балласта не менее 90 мм.

Горизонтальные выработки при локомотивном транспорте должны иметь уклон в продольном направлении к стволу шахты не более 0,005, а в поперечном — в сторону водоотводной канавки 0,01—0,02.

В выработках устраивают водоотводные канавки, размеры их сечения определяются притоком воды, а конструкция — видом крепи выработки. В устойчивых породах при рамной крепи выработок канавку не закрепляют (рис. 32, а). В менее устойчивых породах, склонных к размыванию, канавку закрепляют деревом (рис. 32, б) или укладывают железобетонные желоба (рис. 32, в). При монолитной бетонной крепи канавку также крепят бетоном (рис. 32, г). Канавки перекрывают щитом для прохода людей и предохранения их от засорения. При большой обводненности пород (особенно в почве выработки) для сбора воды и отвода ее в водосборник устраивают дренажные канавки. Канавки крепят рамками

со сплошной затяжкой из досок (рис. 32). Над канавками устраивают трап для прохода людей. Нормы для проектирования водоотводных

Определение размеров и площади поперечного сечения горизонтальных и наклонных выработок

В соответствии с выбранной формой выработки, принятым типом транспортных средств и установленными Правилами, безопасности величинами зазоров определяют размеры и площадь поперечного сечения выработки. В табл. 10 приведены расчетные формулы для определения размеров сечений выработок различных форм.

Площадь сечения выработки, определенная из условия размещения транспортных средств и перемещения людей, также необходимо проверить на скорость движения воздушной струи. Нормы максимальной скорости движения воздуха по выработкам составляют 8 м/с для квершлагов, откаточных и вентиляционных штреков, капитальных и панельных бремсбергов и уклонов; для всех прочих горных выработок, проведенных по угляю и породе, —6 м/с.

Температура воздуха в подготовительных и других действующих выработках при относительной влажности до 90% не должна превышать 26 °С; при относительной влажности свыше 90 % температура не должна превышать 25 °С.

19. Выбор конфигурации околоствольных дворов

Выбор конфигурации околоствольного двора в значительной степени определяется схемой вскрытия и порядком отработки шахтного поля, числом и расположением пластов, углом падения пластов, прочностью пород.

При вскрытии одного пласта при пологом залегании может быть принята круговая и петлевая схемы околоствольных дворов

В устойчивых породах более целесообразна круговая схема, при этом основную откаточную выработку околоствольного двора располагают по пласту, т. е. по простиранию (рис. 39, а.)

В породах менее устойчивых применяют также круговой околоствольный двор, но все основные

выработки его располагают вкрест простирания пород (рис. 39, б).

При вскрытии свиты пологих пластов при недостаточно устойчивых породах в зоне расположения стволов шахты возможно применение петлевой схемы околоствольного двора (рис. 39, в), а в устойчивых породах — круговой (рис. 39, г) При вскрытии свиты крутых пластов также целесообразно применение петлевой схемы околоствольного двора, располагая его в лежачем боку месторождения. В этих условиях обеспечивается большая устойчивость стволов шахты и исключаются потери полезного ископаемого в охранных целиках.

При вскрытии двух разобщенных свит пластов угля в зависимости от расстояния между свитами (длины вскрывающего их квершлага) при малом расстоянии между свитами пластов, когда круговая схема околоствольного двора с использованием квершлага в качестве основной выработки околоствольного двора не размещается, возможно применение круговой схемы околоствольного двора с перпендикулярным его размещением по отношению к квершлагу (рис. 39, д). При

достаточном расстоянии между свитами пластов наиболее целесообразно применение круговой схемы с использованием квершлага как главной выработки околоствольного двора (рис. 39, е).

Околоствольные дворы наклонных шахт

Как указывалось ранее в настоящее время в связи с увеличением производственной мощности шахт получает применение для доставки полезного ископаемого из очистных забоев к стволу шахты конвейерный транспорт, что создает предпосылки вскрытия месторождения с помощью наклонных стволов. Применение наклонных стволов, оборудованных конвейерами, вызывает изменения в конфигурации околоствольных дворов.

Обычно на околоствольном дворе кроме наклонного ствола также располагают вертикальный ствол. По наклонному стволу осуществляют выдачу угля и горной массы от проведения подготовительных выработок, а по вертикальному стволу — спуск и подъем людей, материалов и оборудования, а также выдачу породы от ремонта выработок и нового проведения выработок и камер по породе.

На рис. 40 показаны две схемы транспортных выработок околоствольного двора при конвейерном транспорте в наклонных стволах. На рис. 40, а представлена схема транспортных выработок петлевого, а на рис. 40, б — кругового околоствольных дворов. Как видно из рис. 40, применение конвейерного транспорта при наклонных стволах значительно упрощает их конфигурацию.

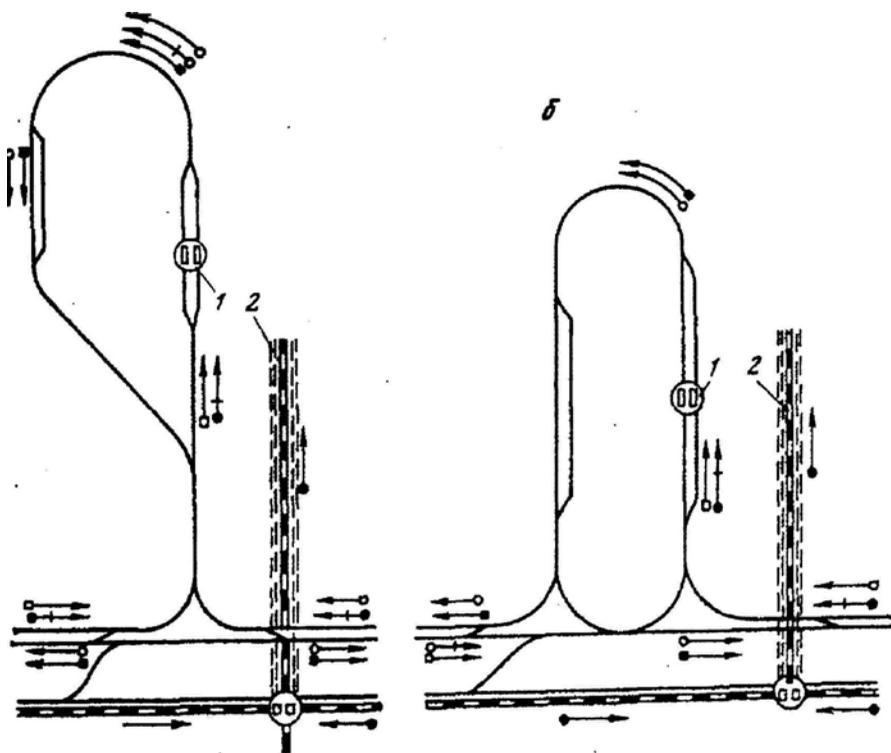


Рис. 40. Схемы околоствольных дворов при наклонных стволах (условные обозначения см. на рис. 33) : 1 — клетевой, 9 — наклонный ствол.

Обобщая все изложенное, можно установить, что как в угольной, так и в горнорудной промышленности основное при менение имеют две транспортные схемы околоствольных дворов— петлевая и круговая.

При вскрытии месторождения вертикальными стволами и доставке угля конвейерным транспортом, а породы и угля от проведения выработок и ремонта выработок в вагонетках околоствольные дворы имеют усложненную конфигурацию.

При вскрытии месторождения наклонными стволами и применения для транспорта по стволам конвейеров околоствольные дворы имеют упрощенную и более компактную конфигурацию.

ОКОЛОСТВОЛЬНОГО ДВОРА

Вводные замечания

В околоствольном дворе кроме транспортных выработок располагают также большое число камер. Все камеры околоствольного двора по своему назначению можно подразделить на камеры производственного и вспомогательного назначения.

К камерам производственного назначения можно отнести камеру сопряжения клетового ствола с околоствольным двором и комплексы камер загрузочного устройства, скипового подъема, главного водоотлива, электровозного депо, склада взрывчатых материалов и центральной подстанции.

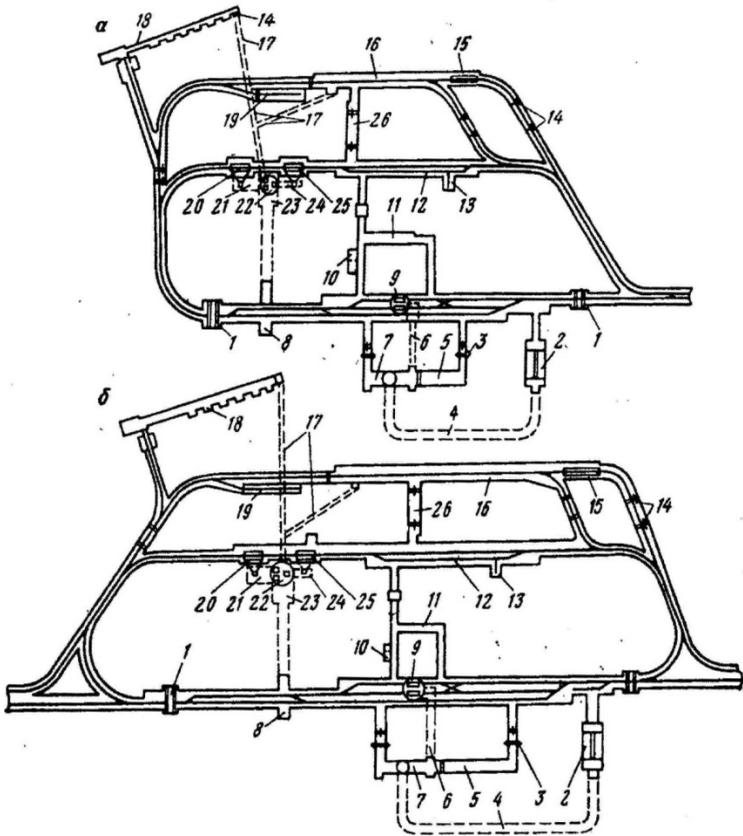


Рис. 41. Расположение камер в околоствольном- дворе:

1— противопожарные двери; 2 - камера осветляющих резервуаров; 3 герметические двери; 4 — водосборник; 5 — центральная электростанция; б — водотрубный ходок; 7— насосная камера; 8— камера лебедки для чистки зумпфа скипового ствола; 9— клетевой ствол; 10 — медицинский пункт; 11 — камера ожидания; 12 — место стоянки пассажирского состава; 13 — санузел; 14 — вентиляционные двери с «окном»; 16 ремонтная мастерская; 16 — электровозное депо; 17 — вентиляционные сбойки; 18 — склад взрывчатых материалов; 14 — депо противопожарного поезда; 20 — угольная разгрузочная яма; 21 — бункер и камера загрузки угля в скипы; 22 — скиповый ствол; 23 — камера обезвоживания зумпфа ствола; 24 — бункер и камера загрузки породы в скип; 25 — породная разгрузочная яма; 26 — преобразовательная подстанция.

К камерам вспомогательного назначения можно отнести камеры медицинского пункта, ожидания, противопожарного поезда, стоянки пассажирского состава, санузла и др. Камеры с транспортными выработками соединяют ходками. Условия размещения камер в околоствольном дворе определяют их назначением.

На рис. 41, а и б представлены околоствольные дворы с круговой и петлевой схемами движения потоков угля, породы и материалов при электровозном транспорте в вагонетках типов ВД, УВД и УГВ с расположением всех камер производственного и вспомогательного назначения.

На рис. 42 показан околоствольный двор петлевого типа при транспортировании угля к скиповому стволу ленточным

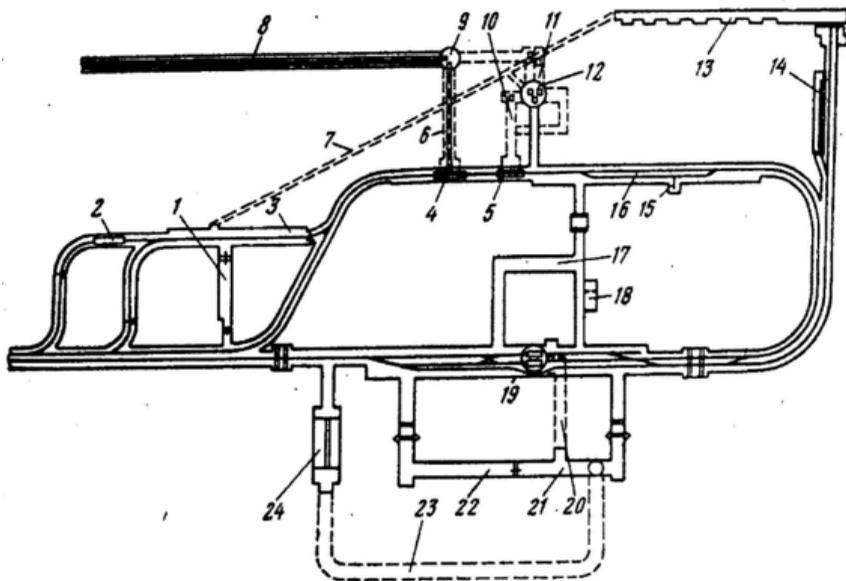
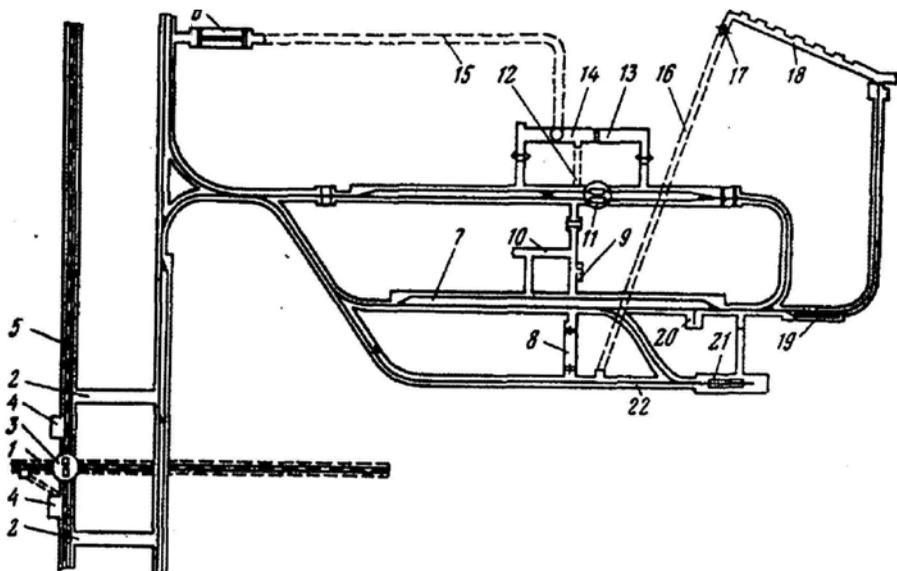


Рис. 42. Расположение камер в околоствольном дворе при доставке угля конвейером:

1 — преобразовательная подстанция; 2 — ремонтная мастерская; 3 — электровозное депо; 4 и 5 — разгрузочные угольные и породная ямы; 6 — угольный передаточный конвейер; 7 — сбойка; 8 — сборный конвейер; 9 — угольный аккумулирующий бункер; 10 — бункер и камера загрузки породы в скип; 11 — бункер и камера загрузки угля в скипы; 12 — скиповый ствол; 13 — склад взрывчатых материалов; 14 — депо противопожарного поезда; 15 — санузел; 16 — место стоянки пассажирского состава; 17 — камера ожидания; 18 — медпункт; 19 — клетевой ствол; 20 — водотрубный ходок; 21 — насосная камера; 22 — центральная электроподстанция; 23 — водосборник; 24 — камера осветляющих резервуаров.



Рис, 43. Расположение камер в околоствольном дворе наклонного ствола: 1 — наклонный конвейерный ствол, 2 — камеры пускорегулирующей аппаратуры конвейеров; 3 — перегрузочная станция; 4 — камера приводных головок ленточных конвейеров; 5 — сборная конвейерная выработка; 6 — камера осветляющих резервуаров; 7 — место стоянки пассажирских составов; 8 — преобразовательная подстанция; 9 — медпункт; 10 — камера ожидания; 11 — клетевой 12 водотрубный ходок; 13 — центральная электроподстанция; 14 — насосная камера; 15 — водосборник; 16 — вентиляционная сбойка; 17 — вентиляционная скважина; 18 — склад взрывчатых материалов; 19 — депо противопожарного 20 — санузел; 21 — ремонтная мастерская; 22 — электровозное депо.

конвейером, а породы и материалов к клетевому стволу в вагонетках.

На рис, 43 представлен околоствольный двор петлевого типа при транспортировании угля по

наклонному стволу, оборудованному ленточным конвейером. Породу и материалы выдают на земную поверхность клетевым подъемом.

Камера сопряжения околоствольного двора с клетевым стволом

Околоствольный двор в месте его сопряжения с клетевым стволом должен обеспечить безопасность, удобство работ по замене груженных вагонеток на порожние, по спуску и подъему людей, приемке материалов и оборудования, а также пропуск воздуха для проветривания горных работ с минимальным его сопротивлением.

Высота сопряжения принимается в зависимости от размеров доставляемых в шахту различных материалов и оборудования (особенно длинномерных материалов, т. е. рельсов, труб и т. п.),

Высоту сопряжения околоствольного двора со стволом можно определить на основании рис. 44, а

$$C_1 = D/\sin\alpha \text{ и } C_2 = h/\cos\alpha$$

Тогда

$$C = C_1 + C_2 = D/\sin\alpha + h/\cos\alpha$$

Откуда

$$h = C \cos \alpha - D \operatorname{ctg} \alpha$$

где D - диаметр ствола в свету, м; C — максимальная длина спускаемого в шахту материала, м; h — высота сопряжения околоствольного двора со стволом, м.

Угол α , при котором предмет длиной C может пройти из ствола в околоствольный двор при минимальной высоте сопряжения, будет равен 45° , тогда

$$h = 0,7 C - D.$$

В стволах круглого сечения длинная ось клетки не совпадает с диаметром, а проходит по некоторой хорде, длину которой с достаточной для расчетов точностью можно принять равной $0,7 D$ И окончательно высота сопряжения

$$h = 0,7 (C - D).$$

Высота сопряжения околоствольного двора со стволом обычно принимается не менее 4,5 м. Ширина выработки, сопрягающейся со стволом, принимается равной диаметру ствола. При кольцевой конфигурации околоствольного двора, когда обгонный путь проложен в выработке сопряжения, последняя будет иметь большую

ширину, при этом ствол располагается эксцентрично по отношению к выработке.

Форма сопряжения кровли выработки со стволом может, быть наклонной (рис. 44, а) или прямолинейной (рис. 44, б). Предпочтение следует отдать наклонному сопряжению кровли, которое обеспечивает плавный выход струи воздуха из ствола в околоствольный двор, что частично снижает аэродинамическое сопротивление.

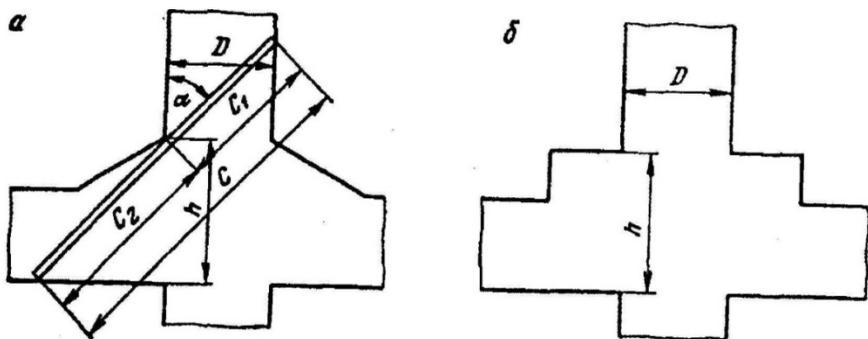


Рис. 44. Схема к определению высоты сопряжения клетевго ствола с околоствольным

С целью повышения устойчивости и снижения концентрации напряжений в районе сопряжения ствола с выработкой околоствольного двора ВНИМИ предложен способ, заключающийся в том, что в стенках ствола в

районе сопряжения до начала расщелины околовольного двора располагают разгрузочные щели в виде горизонтальных скважин, имеющих различную длину.

В непосредственной зоне сопряжения длину скважин увеличивают, а по мере удаления от зоны сопряжения уменьшают. Крепь сопряжения (рис. 45), учитывая большую ответственность этого участка околовольного двора и возможность большого развития горного давления, обычно принимают из железобетона с большим насыщением арматуры и часто усиливают дополнительно анкерной крепью с металлической сеткой. Почву сопряжения также закрепляют бетоном. В устойчивых породах крепь почвы принимают плоской, а в породах менее устойчивых ей придается форма обратного свода (разрез Б—Б).

В стволе выше сопряжения закладывают опорный венец 1 и устраивают водоулавливающее кольцо 2.

Длина сопряжения может быть различной, что обуславливается схемой расположения рельсовых путей в зоне сопряжения.

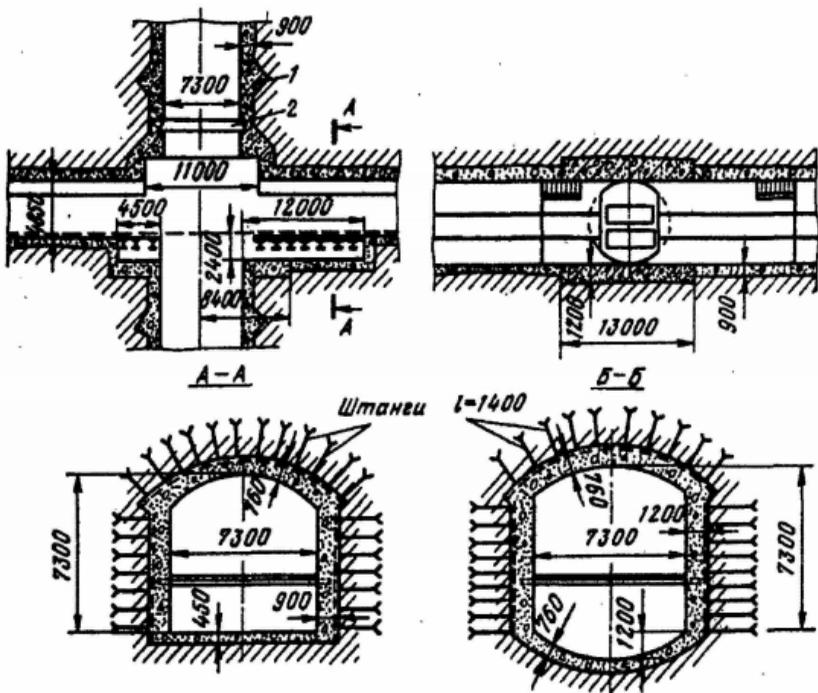


Рис. 45. Крепь сопряжения:
 1— опорный венец; 2— водоуплавливающее кольцо

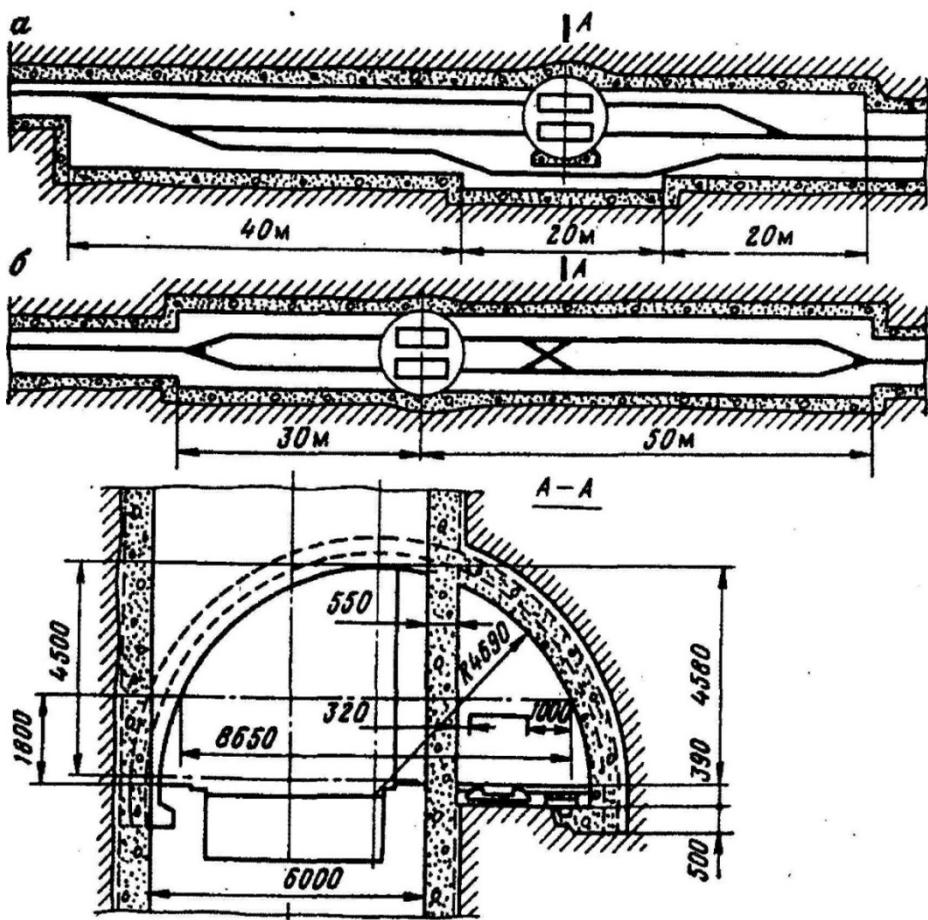


Рис. 46. Расположение рельсовых путей в зоне сопряжения с клетевым стволом

При размещении обгонного пути непосредственно в выработке сопряжения его длина достигает 80—100 м (рис. 46, а), а при наличии двух путей (обгонный путь отсутствует) — 80 м (рис. 46, б).

Когда подъем оборудуют двухэтажными клетями, для ускорения посадки людей в клеть, в сопряжении предусматривают специальную посадочную площадку, обычно посадочную площадку располагают ниже отметки околоствольного двора. Высоту площадки принимают равной 2,4—2,5 м, длина со стороны посадки людей 10 —12 м, а со стороны выхода из клетки 4—6 м.

Комплекс камер загрузочного устройства скипового подъема

В околоствольном дворе для приема угля или породы при скиповом подъеме возводят комплекс камер загрузочного устройства. В комплекс. входят камеры опрокидывателя, где производится разгрузка вагонеток путем их опрокидывания (вагонетки с глухим кузовом типа УВГ), или угольная и породная ямы для разгрузки вагонеток с донной разгрузкой (вагонетки типа ВД или УВД). Уголь или порода после разгрузки вагонеток поступает в камеру бункера, Бункер служит для сглаживания неравномерности работы транспорта и подъема в шахте, создавая в известной степени условия независимости их работы. Из бункера уголь или порода поступают в камеру дозирующего устройства, где

располагается объемный дозатор, отмеривающий объем угля (породы), равный объему скипа.

Камеры разгрузки угольных и породных составов имеют различную конфигурацию и оборудование в зависимости от типа применяемых вагонеток (глухие или с донной разгрузкой). Для разгрузки глухих вагонеток применяют круговые автоматические опрокидыватели, через которые нерасцепленные составы вагонеток пропускают с помощью толкателей. При такой схеме «толкатель— опрокидыватель — толкатель» составы движутся без перецепки вагонеток. При вагонетках с донной разгрузкой составы подъезжают к разгрузочному пункту по рельсовому пути и электровозы с вагонетками наезжают на разгрузочную яму.

Створки в днище вагонеток открывают, и уголь или порода высыпается в угольную или породную яму, Условно бункера могут быть подразделены на две группы: большой и малой вместимости, Бункера большой вместимости целесообразно применять в шахтах большой производственной мощности при длительных сроках эксплуатации горизонта в том случае, когда дополнительное дробление угля при перемещении его по

бункеру не снижает качества и когда необходимо обеспечить благодаря значительному слою угля в бункере лучшую и надежную герметизацию скипового ствола.

Бункера малой вместимости (вместимость одного состава) могут быть приняты на шахтах небольшой производственной мощности, при малых сроках службы горизонта и когда дробление полезного ископаемого особенно нежелательно.

Если принять при напряженном режиме работы в околоствольном дворе, что уголь подают только специальными составами с минимальным интервалом их поступления, то вместимость бункера при разгрузке вагонеток с донной разгрузкой может быть определена следующим образом.

Примем концентрацию составов на околоствольном дворе из условия, что один состав находится под разгрузкой, а два состава (каждые со своего крыла шахтного поля) поступают на околоствольный двор с интервалом t .

Время, с, разгрузки составов

$$T = 3ml/v + 2\tau$$

где m — число вагонеток в составе; l — полная длина вагонетки, м; $v = 0,5 \div 1$ м/с — скорость движения состава вагонеток через угольную яму; $\tau = 1,75—2$ мин — минимальный интервал поступления составов.

За время разгрузки T скиповой подъем выдает на земную поверхность количество угля Q , т

$$Q = \frac{T}{4\sqrt{H} + t_0} q_c$$

где q_c — грузоподъемность скипа, т; H — полная высота подъема, м; $t_0 = 15+20$ с — пауза между подъемами.

Вместимость бункера, м³

$$V_{\text{бун}} = \left(\frac{3mq_{\text{в}} - Q}{\gamma} \right) k$$

где $q_{\text{в}}$ — грузоподъемность вагонетки, т; γ — плотность угля, т/м³; $k = 1,5$ — коэффициент неравномерности работы подъема.

При применении вагонеток с глухим кузовом и с разгрузкой на околоствольном дворе через опрокидыватель время разгрузки состава вагонеток в опрокидывателе

$$T = \frac{m}{b}(t_1 + t_2) + \tau$$

где $b = 1 \div 2$ - число одновременно разгружаемых в опрокидывателе вагонеток; $t_1 = 20$ с — время собственно разгрузки в опрокидывателе; $t_2 = 10$ с — время на включение и выключение опрокидывателя.

Количество угля, выдаваемого на поверхность, за время разгрузки состава вагонеток

$$Q = \frac{T}{\sqrt{H} + t_0} q_c$$

Вместимость бункера, м^3

$$V_{\text{бун}} = \left(\frac{3mq_{\text{в}} - Q}{\gamma} \right) k$$

Бункера при скиповом подъеме полезного ископаемого и породы имеют на практике различную вместимость, причем часто без учета производственной мощности шахты, качества полезного ископаемого и газового режима шахты. Так, например, для шахт производственной мощностью 8000 т в сутки вместимость угольных бункеров на ряде шахт изменяется от 200 до 500 м^3 , а для шахт производственной мощностью 6000 т в сутки — до 550 м^3 . Часто бункера

принимались объемом на 1--1,5 вместимости состава вагонеток в поезде.

На действующих угольных шахтах Советского Союза при. меняют наклонные бункера прямоугольного сечения и реже— круглые вертикальные. Вместимость наклонных бункеров 150—200 м³. Угол наклона для угольных бункеров не менее 55°, для породных— не менее 60°. Площадь сечения наклонных бункеров обычно 4—7 м² (высота 1,8—2 м, ширина 2,2—3,5 м). Наклонный бункер сооружают совместно с ходовым отделением шириной 1 м. Ходовое отделение отделяют от бункера

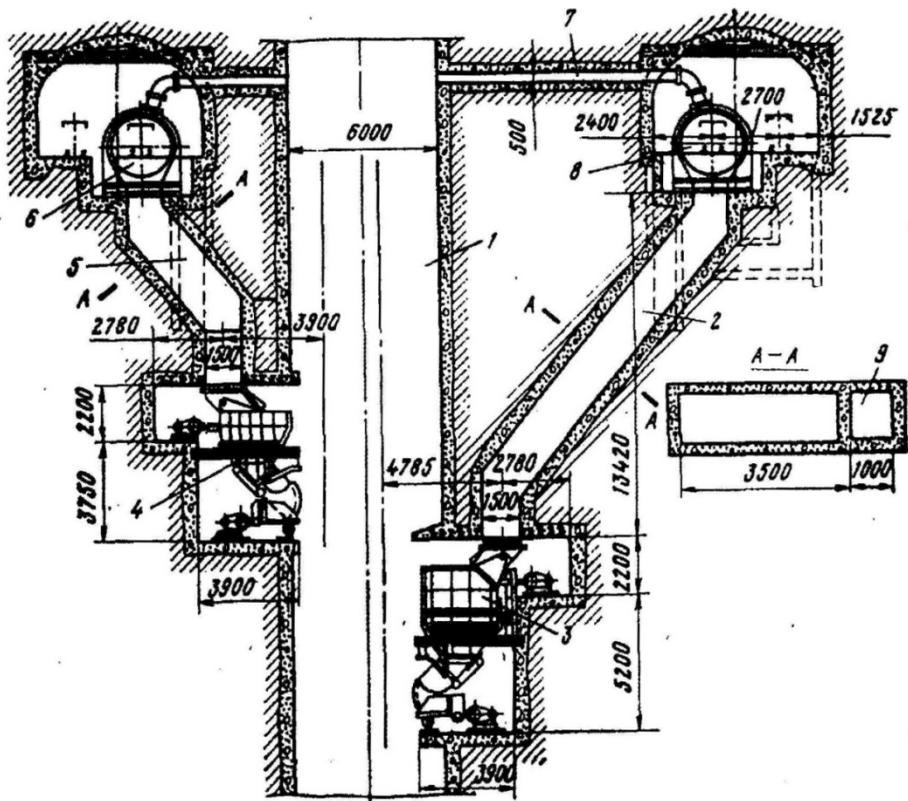


Рис. 47. Комплекс камер загрузочного устройства скипового подъема:

1 — скиповый ствол, 2 — угольный бункер; 3 — угольные загрузочные устройства; 4 — породное загрузочное устройство; 5 — породный бункер; 6 — породный опрокидыватель; 7 — трубопровод для отсоса пыли; 8 — угольный опрокидыватель; 9 — ходовое отделение железобетонной перегородкой, в которой устраивают смотровые окна (рис. 47).

Увеличение производственной мощности шахт, применение вагонеток с донной разгрузкой, стремление сгладить неравномерность поступления грузопотоков в

околоствольный двор и создать равномерную загрузку подъема вызывают необходимость иметь бункера большой вместимости. Эта тенденция особенно четко проявляется за последнее время. в шахтном строительстве. Так, например, на шахте «Вестерхолт» (ФРГ) вместимость бункера принята равной 3500 м^3 , на шахте «Симон V» (Франция) — 2000 м^3 , на шахте им. Запотоцкого (ЧССР) — 900 м^3 , на шахте «Октябрьская» — 600 м^3 и др. Обычно бункера большой вместимости имеют вертикальное расположение и круглую форму сечения. Так, например, на шахте «Октябрьская» бункер имеет диаметр 6 м и высоту 22 м. За рубежом на отдельных шахтах диаметр бункеров достигает 9 м в свету.

Вертикальные бункера обеспечивают простоту их загрузки, при этом достигается надежная герметизация скипового ствола.

Комплекс камер и выработок главного водоотлива.

Комплекс камер и выработок главного водоотлива (рис. 57) включает в себя: камеру главного водоотлива 4, в которой располагаются насосные агрегаты и все пусковое оборудование; водотрубный ходок 5; камеру осветляющих резервуаров 2; водосборник 1; соединительные ходки 3. Насосную камеру непосредственно соединяют с камерой центральной электроподстанции 6.

Камеру главного водоотлива располагают в околоствольном дворе в непосредственной близости от клетового ствола. Такое расположение камеры позволяет иметь наименьшую длину и малое число изгибов трубопроводов, что снижает вредные сопротивления при работе насосов. Водотрубный ходок небольшой длины обеспечивает непосредственную связь камеры главного водоотлива со стволом, что важно в моменты изоляции камеры (герметизации ходков в камеру из околоствольного двора) при авариях с водоотливом и временном затоплении околоствольного двора. Камеру

главного водоотлива отделяют от выработок околоствольного двора в породах средней прочности целиком размером 20—25 м и в более прочных породах— размером до 15 м.

Рассмотрим отдельно камеры и выработки комплекса главного водоотлива.

Главные водоотливные установки шахты и установки в капитальных уклонах с притоком воды более $50 \text{ м}^3/\text{ч}$ должны • быть оборудованы не менее чем тремя насосными агрегатами. На рис. 58 показана наиболее типичная насосная камера для условий угольной промышленности при сравнительно небольших притоках воды (до $300 \text{ м}^3/\text{ч}$), в камере предусматривают установку трех центробежных насосов с электродвигателями.

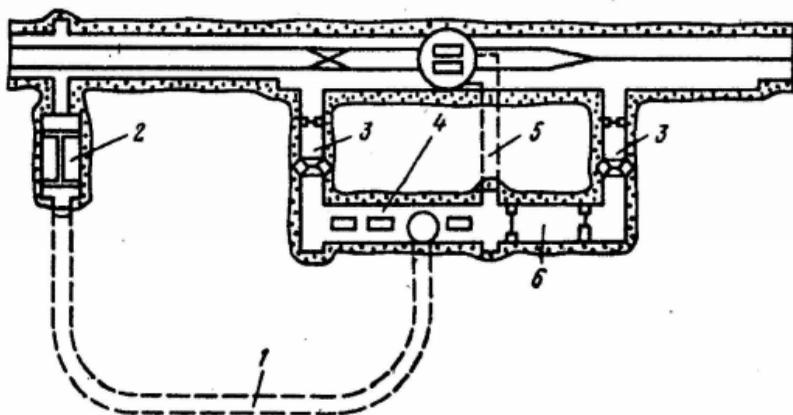


Рис. 57. комплекс камер и выработок главного водоотлива

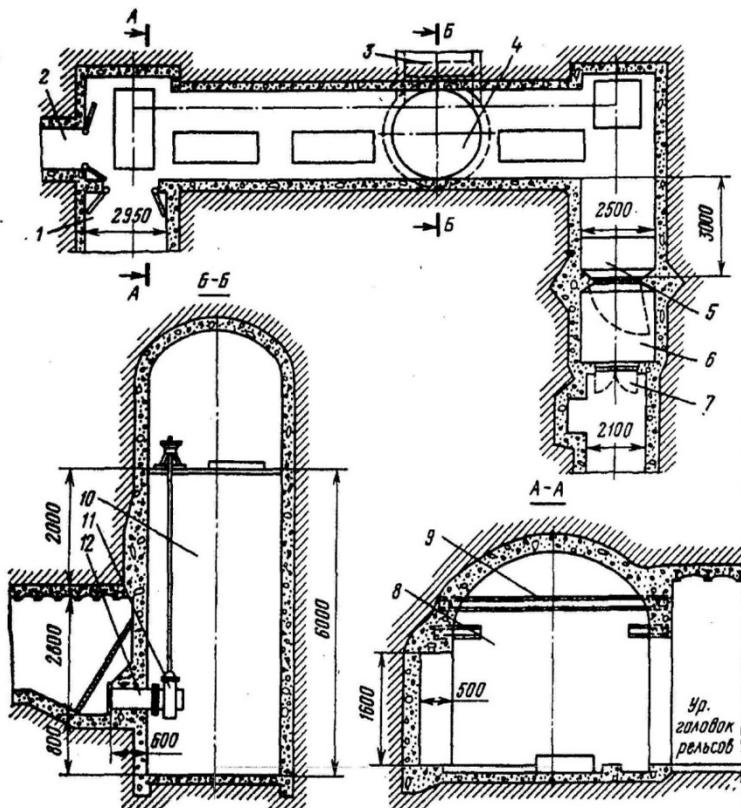


Рис. 58. Насосная камера главного водоотлива

Насосная камера имеет водоприемный колодец 4, в который опущены всасывающие трубы насосов, Колодец соединен с водосборником 3. С выработками околоствольного двора насосная камера соединяется ходком 6, который служит для вентиляции и подачи по нему в камеру различного оборудования. Ходок оборудуют решетчатыми дверями 7 и герметическими

дверями 5, которые закрывают на время возможного затопления околоствольного двора для изоляции камеры. Камеру со стволом соединяют водотрубным ходком 1, в камере настилают утопленный в бетонный пол рельсовый путь, устраивают ниши для разворота платформ с оборудованием. В стенках ка. меры закрепляют монтажные балки 9 и кронштейны 8 для установки нагнетательного трубопровода.

Водоприемный колодец отделен бетонной перегородкой 10 от водосборника. В перегородке заделан патрубок 12, снабженный задвижкой типа Лудло 11. Через патрубок вода поступает в колодец.

Камеру через проем 2 соединяют с центральной электроподстанцией. Форма речения камеры сводчатая. Крепь камеры из монолитного бетона. Размеры насосной камеры определяются типом насосов, устанавливаемых в камере, т. е. величиной притока. воды в шахту и высотой водоподъема.

Размеры камер по длине определяют числом насосных агрегатов, исходя из их расположения вдоль продольной оси камеры в один ряд. Расстояние между насосами принимают равным не менее м. По ширине

размер камеры принимают не менее суммарного расстояния, определяемого шириной платформы для перевозки оборудования, шириной насосных агрегатов и зазоров по 200 мм со стороны рельсового пути и со стороны насосов до стенок не менее 500 мм. Высоту камеры водоотливных установок определяют с учетом превышения отметок фундаментов насосов над уровнем пола камеры не менее 100 мм. Подъем оборудования грузоподъемными средствами над рельсовой платформой, в камерах должен быть на высоту не менее 150 мм при зазоре не менее 100 мм между грузоподъемными средствами и нагнетательным трубопроводом, располагаемым поверху на высоте не менее 1800 мм. Установки электрооборудования в незаглубленных камера* располагают таким образом, чтобы места, доступные для проникновения воды к токоведущим частям электрооборудования, были на высоте не менее 1000 мм от головок рельсов околоствольного двора (у ствола). При определении размеров камер необходимо также учитывать размещение средств автоматизации и грузоподъемных механизмов.

Когда приток воды достигает $5000 \text{ м}^3/\text{ч}$ и более, применяются заглубленные насосные камеры с отрицательной высотой всасывания, т. е. насосы в камере располагают на 4—5 м ниже уровня воды в водосборнике. Применение заглубленных насосных камер имеет ряд преимуществ: упрощается схема автоматического управления; возможно применение спиральных насосов, имеющих более высокий коэффициент полезного действия; устраняется явление срыва вакуума при пуске насосов; исключается явление кавитации; повышается подача насоса и др. На рис. 59 представлена заглубленная насосная камера на 4 насоса 10НМК-2 подачей по $800\text{—}1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ при напоре 240 м, Насосная камера имеет два ходка 1 для всасывающих трубопроводов из водосборника. Ходки имеют водонепроницаемую железобетонную двухслойную перемышку 2 с гидроизоляционным слоем, в которую герметично заделаны патрубки 3 всасывающих трубопроводов и патрубки 4 датчика уровня. Насосную камеру с помощью наклонного ходка 5 соединяют с околоствольным двором. Ходок оборудуют лестницами и рельсовым путем для подачи оборудования в камеру, а также трубным

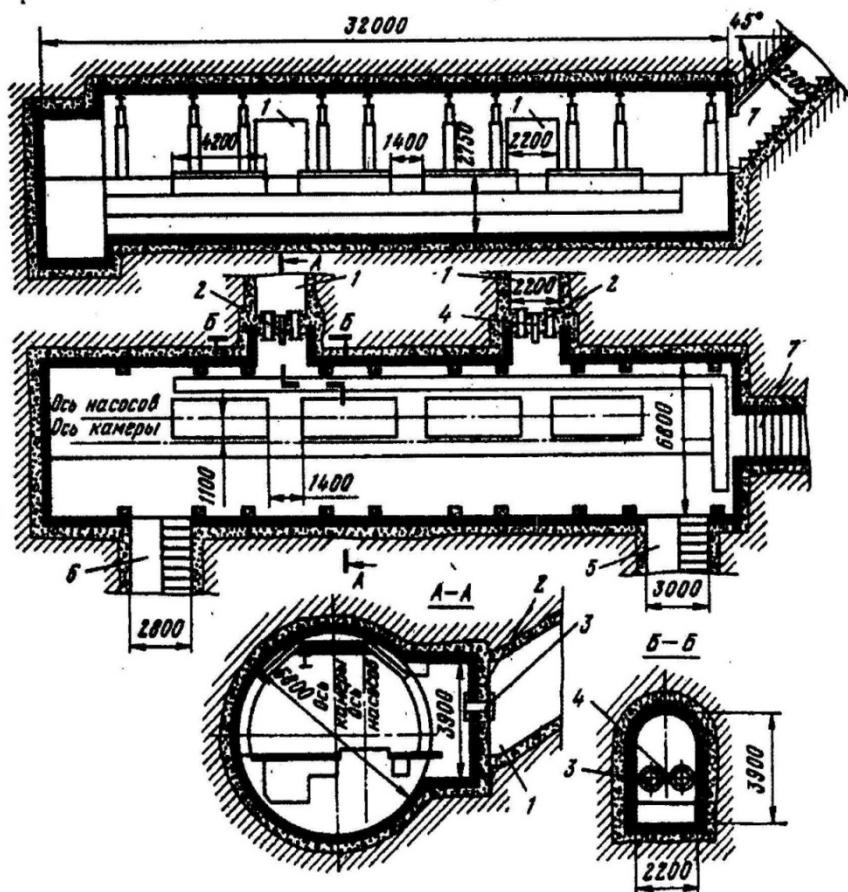


Рис. 59. Заглубленная насосная камера

ходком 6 для прокладки нагнетательного трубопровода в ствол шахты и соединительным ходком 7 с электроподстанцией.

Камера имеет круглое сечение, что обеспечивает большую прочность крепи при восприятии горного и гидростатического давления. Крепь — железобетонная,

двухслойная, с внутренней гидроизоляцией. Суммарная толщина крепи 0,5 м.

На ряде рудников (Лениногорский, Миргалимсайский, Текелийский и др.) заглубленные насосные камеры получили широкое распространение, при этом размеры камер, обычно следующие: длина 34—42 м, ширина 6 м, высота 5,5 м,

Как указывалось выше, заглубленные насосные камеры особо целесообразно иметь при больших притоках воды и достаточно устойчивых и водонепроницаемых породах, так как прочная и водонепроницаемая крепь может обеспечить полную надежность работы камеры.

Водотрубный ходок соединяет насосную камеру со стволом (рис. 60) и располагается наклонно (с углом до 20°) с выходом в ствол выше пола насосной камеры не менее чем на 7 м. Длина ходка с учетом камеры для размещения лебедки составляет около 25 м, форма сечения сводчатая с размером в свету $5,8 \text{ м}^2$. Сопряжение ходка с насосной камерой закрепляют в кровле металлическими балками. На верхней площадке ходка

располагают- лебедку. Ходок оборудуют сходнями и рельсовым путем, а также кронштейнами для установки нагнетательного трубопровода.

Вода из горных выработок шахты поступает в водосборники, располагаемые в околоствольном дворе. Наличие водосборников обуславливается двумя причинами: необходимостью создания резервной емкости для воды в случае выхода из строя водоотливных установок (выключение энергии, аварии с трубопроводами и др.), а также для освобождения воды от различных механических примесей (частички породы и угля и др.).

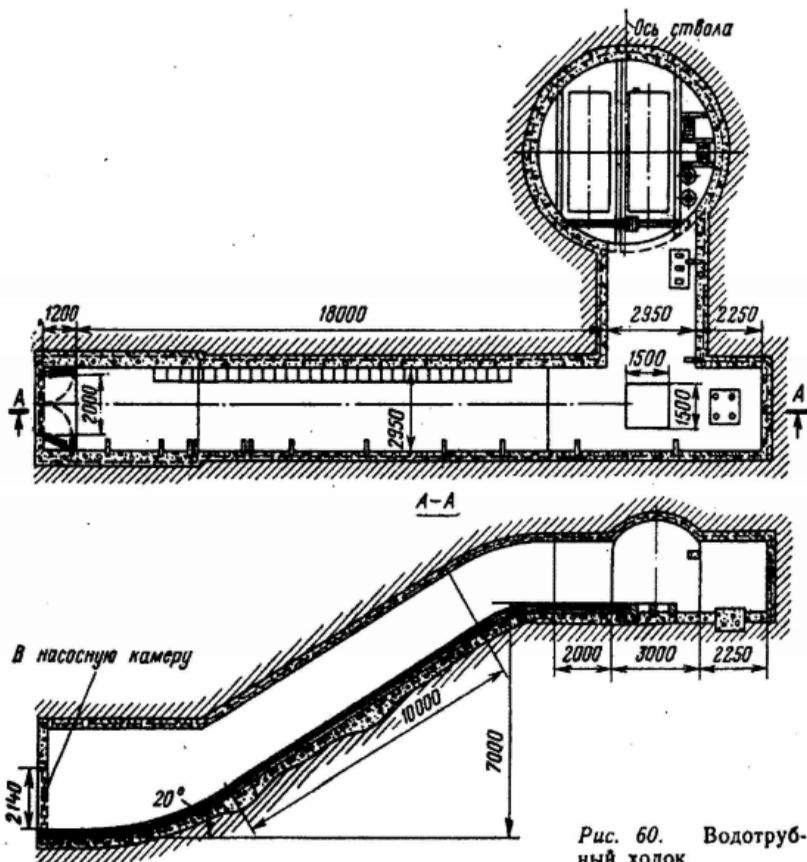


Рис. 60. Водотрубный ходок

которые вода несет по водоотливным канавкам выработок со значительной скоростью (до 0,25—0,4 м/с).

Вместимость водосборников рассчитывают на нормальный приток воды в шахте в течение 4 ч, а участков — на 2-часовой приток.

На ряде металлических рудников притоки воды достигают 2500—12 000 м³/ч, и в этих условиях

применение водосборников, рассчитанных на приток воды в течение 4 ч, очевидно, нереально, так как потребовалось бы иметь водосборники вместимостью до 50 тыс. м³. В подобных условиях вместимость водосборника может быть рассчитана на приток воды в течение 1,5—2 ч при осуществлении повышенных требований, обеспечивающих высокую надежность работы насосных агрегатов и питания их энергией и при соответствующем разрешении горнотехнического надзора.

Отстой воды может быть в зависимости от величины притока и степени ее загрязненности осуществлен с помощью специальных осветляющих резервуаров и непосредственно в водосборниках. Применение осветляющих резервуаров возможно при ограниченных притоках воды (до 150—300 м³/ч). Осветление воды во всех случаях достигается в результате резкого снижения скорости движения воды в резервуаре или водосборнике по сравнению со скоростью движения воды в водоотводных канавках.

На рис. 61 показана камера осветляющих резервуаров водосборника. Камеру располагают в

головной части водосборника непосредственно на сопряжении его с выработками околоствольного двора.

Камера включает в себя осветляющий резервуар 8, в который поступает вода из канавок околоствольного двора, Входные канавки 3 резервуара позволяют распределять воду в два его отсека (резервуар разделен для этого продольной перегородкой), В осветляющем резервуаре осадки выпадают из воды и скапливаются на его дне. Осветленная вода из резервуара по двум трубам 5 (диаметром 350 мм) поступает в водосборник 7. Удаление шлама из осветляющих резервуаров может быть осуществлено с помощью скреперной установки или через специальный питатель, из которого с помощью напора воды от насосов главного водоотлива шлам вымывается на поверхность. Для удаления шламов с помощью скреперной установки отсеки осветляющих резервуаров имеют пологий уклон, переходящий в железобетонную наклонную эстакаду 4. Скреперную лебедку располагают в камере 1. Скрепер, захватывая шламовую пульпу, разгружает ее через наклонный полук в вагонетки, устанавливаемые в выработке 2. В камере также предусмотрено помещение 6 для

размещения питателей для удаления шлама с помощью насосов. Очистку резервуаров от шлама с помощью скреперной установки можно признать более надежной.

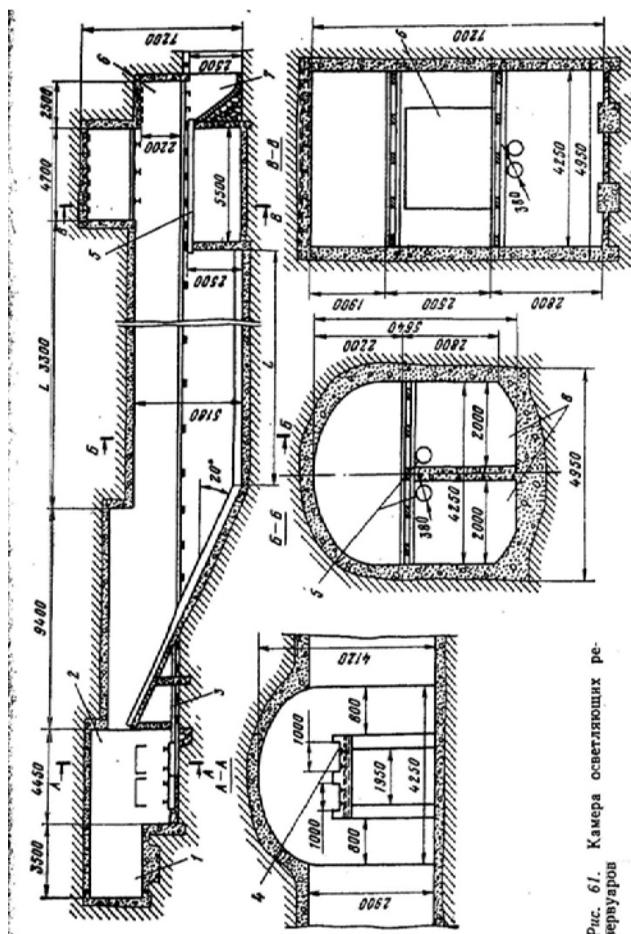


Рис. 61. Камера осветляющих резервуаров

Таблица 11

Тип	Приток воды, м ³ /ч	Длина осветляющих резервуаров L, м	Объем камеры в свету, м ³
I	150	10	<u>700*</u> 430
II	300	20	<u>900*</u> 625

* В числителе приведен объем камеры при очистке ее скрепером, в знаменателе — насосом.

В зависимости от притока воды разработаны два типоразмера осветляющих резервуаров (табл. 11).

При применении камер осветляющих резервуаров водосборник имеет одну выработку. При отсутствии камер осветляющих резервуаров осветление воды происходит непосредственно в выработках водосборника. В этом случае регулирование подачи воды и очистку ее от шлама осуществляют с помощью двух ветвей выработок водосборника. Каждая ветвь водосборника имеет сообщение с выработками околоствольного двора и колодцем всаса насосной камеры.

Вода в водосборнике должна иметь небольшую скорость движения, обеспечивающую выпадение из нее взвешенных частиц. Обычно для надежного осветления воды достаточно иметь скорость ее движения в

водосборнике до 0,02 м/с. Профиль дна водосборника изменяется. В районе водоспуска профиль дна водосборника должен иметь наибольшую глубину, так как основная масса шламов выпадает в водосборнике за первые 5-10 мин. Длина впадины водосборника

$$L = tv_0$$

где v_0 — скорость движения воды в водосборнике, м/с; t — время выпадения шламов из воды, с,

Длина впадины L водосборника обычно изменяется от 10 до 12 м.

Профиль дна водосборника в этой части должен иметь глубину впадины, обеспечивающую вместимость около 40 % выпадающего из воды шлама, Дно водосборника обычно принимается горизонтальным или с уклоном 0,001-0,002 в сторону, противоположную направлению движения воды, Площадь сечения водосборника, обеспечивающая выпадение шлама из воды при скорости v_0 ,

$$S_{\text{вод}} = Q_{\text{max}}/v_0$$

где Q_{\max} — максимальный расход воды, проходящий через водосборник, $\text{м}^3/\text{с}$, равный подаче работающих насосных агрегатов за минусом притока воды в водосборник.

Площадь сечения водосборника принимается как площадь сечения однопутной выработки, но не менее $4,5 \text{ м}^2$. Закрепляют водосборник сборной крепью из железобетона или дерева. Очистку водосборника от шлама производят не реже двух раз в год.

Сопряжение водосборника с водораспределительным колодцем насосной камеры будет изменяться в зависимости от числа ветвей водосборника, примыкающих к колодцу.

На рис. 62 показана схема двух водосборников и примыкания их к водозаборному колодцу насосной камеры. Водосборники 9 и 4 с помощью наклонных выработок 1 и 3 (так называемых ходков для очистки водосборников) сообщаются с выработ-

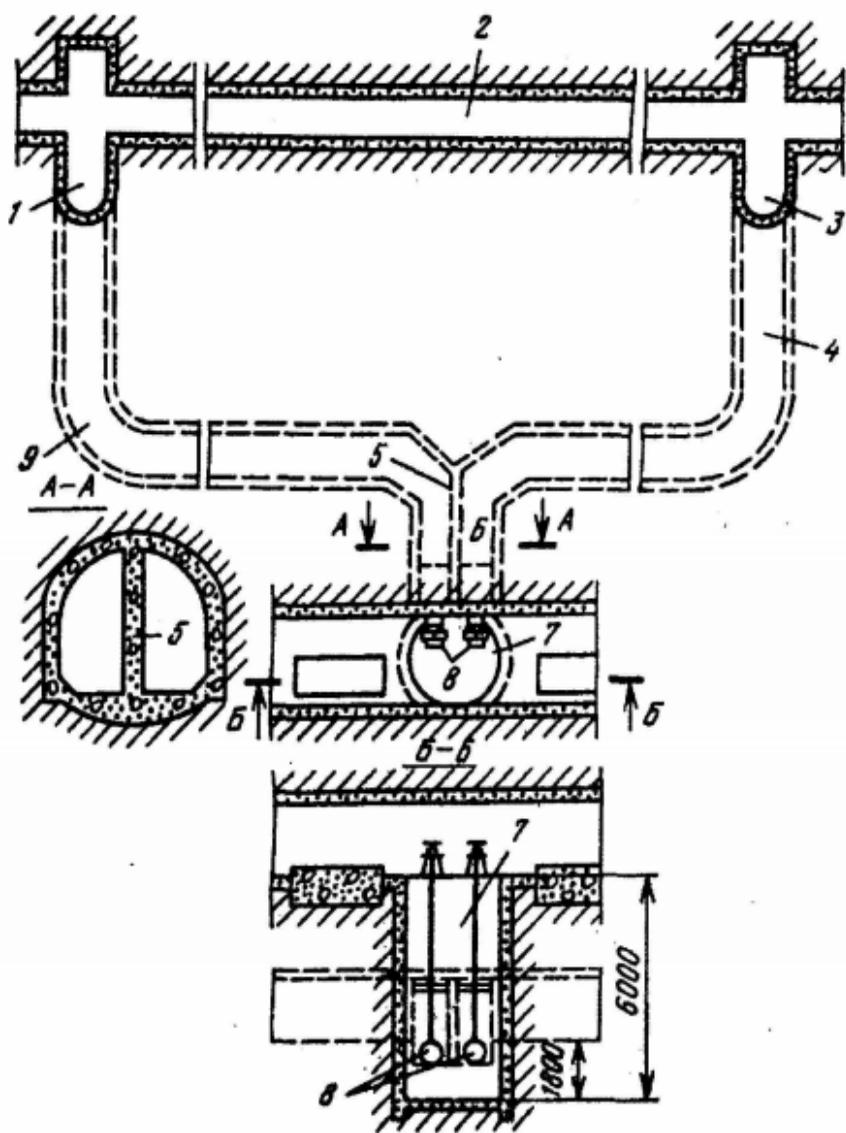


Рис. 62. Схема расположения двух водосборников

тубингов (рис. 122,а). В благоприятных горно-геологических условиях возможно применение обделки из железобетонных тубингов.

При большом потоке пассажиров в тоннеле монтируют четыре эскалатора (рис. 122, б).

Автотранспортные магистральные тоннели

Территория большого современного города насчитывает сотни квадратных километров и требует большого разнообразия вида и количество транспорта для связи отдельных районов.

Метрополитены наряду с их развитием не могут полностью решить транспортные проблемы крупных городов. Перевозки пассажиров метрополитенами от общего их количества составляют 35—40%. Это положение вызывает увеличение других видов транспорта — троллейбусов, автобусов и трамваев и очень интенсивное развитие автомобильного транспорта.

Возрастающее количество наземного колесного транспорта вызывает необходимость расширения улиц для многополосного движения, иметь сложные развязки, тоннели при пересечении улиц и т. п. В конечном итоге на улицах городов создаются многообразные задержки в

работе транспорта, снижается скорость, нарушается ритм движения и вследствие этого растет количество часов, теряемых на поездки. Так, например, москвичи на поездку на работу и обратно расходуют в среднем 1,5 ч.

Для обеспечения удобного и безопасного использования колесного транспорта и в первую очередь автомобильного, для разгрузки уличного движения необходимо строительство в крупных городах подземных автотранспортных тоннелей. В ряде крупных городов за

рубежом (Париж; Лондон, Чикаго, Токио и др.) разработаны и частично реализованы проекты строительства подземных магистральных тоннелей глубокого заложения. В тоннелях предусматривают высокую скорость движения, их оборудуют оборотными камерами для возможного изменения движения, а также промежуточными выездами и въездами на земную поверхность.

В Москве примером использования тоннеля для городского транспорта может служить тоннель, сооруженный вдоль Калининского проспекта, который принимает для разгрузки все виды транспорта — грузовые автомобили, автоконтейнеры и т. п.

В Москве для обеспечения кратчайших транспортных связей предполагается строительство магистральных автомобильных тоннелей через центральную часть города в направлении с севера на юг и с запада на восток. Наряду с диаметральными тоннелями также предполагается кольцевое расположение магистральных тоннелей.

В тоннелях предусмотрены подземные стоянки для автомобилей, складские помещения под торговыми центрами, многоярусные развязки, подземные гаражи и др.

Форма поперечного сечения магистральных автотранспорт* ных тоннелей определяется горно-геологическими условиями и способом их сооружения. В устойчивых породах возможно строительство тоннелей с применением горно-строительных комбайнов и разработкой их сплошным забоем.

В породах менее устойчивых, учитывая, что горные работы производят под зданиями города, целесообразно иметь круглую форму, поперечного сечения тоннелей, что позволяет иметь более благоприятные условия

статической работы обделки тоннеля, а за пределами габарита проезда располагать вентиляционные каналы и отсеки для размещения инженерных коммуникаций.

На рис. 123 представлен ряд автотранспортных магистраль-

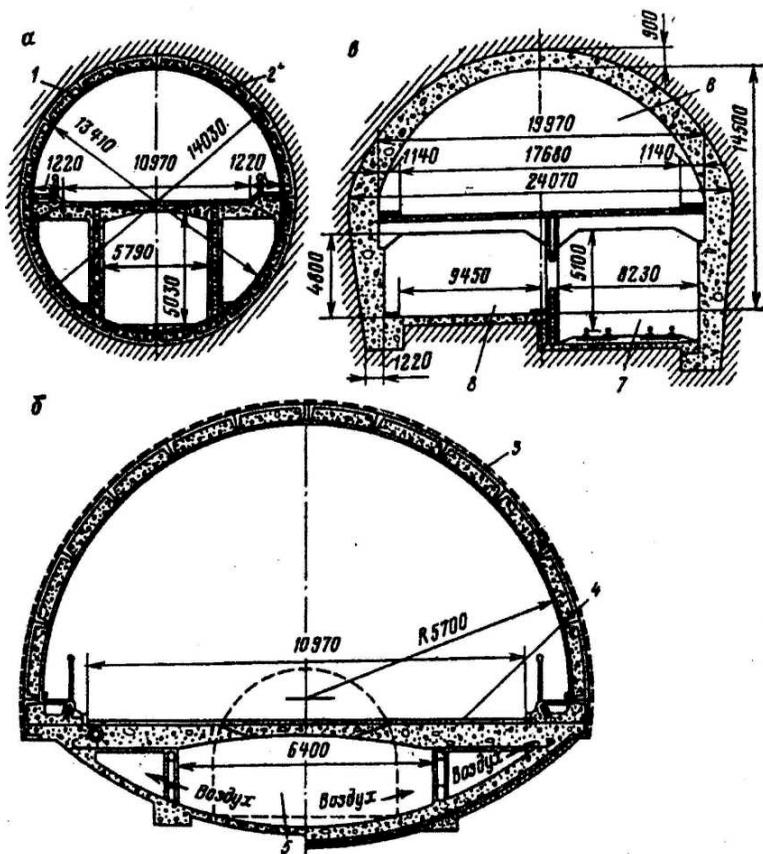


Рис. 123. Автомагистральные городские тоннели.

1 — бетонное заполнение; 2 — облицовка; 3 — чугунный тубинг; 4 — асфальтовый слой; 5 — пилот-штольня; 6 — верхний ярус тоннеля; 7 — отделение для метрополитена; 8 — отделение для грузового автотранспорта.

ных тоннелей: на рис. 123, *a* — тоннель под рекой Мерсей (Великобритания), связывающий два крупных города — Ливерпуль и Уолласи. Тоннель имеет внутренний диаметр 13,41 м; проезжая пятиполосная часть шириной 10,97 м. Под проезжей частью предусмотрено отделение для транспорта при будущем развитии движения. Площадь поперечного сечения тоннеля 156 м², полная длина с подходными тоннелями 9 км.

На рис. 123, *б* показаны подходные магистральные (береговые) тоннели в черте городов Ливерпуль и Уолласи. Тоннели имеют сводчатое очертание. Проезжая часть — четырехполосная.

На рис. 123, *в* показан двухъярусный комбинированный тоннель (Сан-Франциско, США). Верхний ярус тоннеля имеет проезжую часть для легкового транспорта и два боковых тротуара. В нижнем ярусе тоннеля предусмотрены два отделения: для грузового автотранспорта и для метрополитена. Общая поперечного сечения тоннеля в свету 263 м².

На рис. 124 представлен проект комбинированного тоннеля. Тоннель заложенный на значительной глубине, имеет круглую форму поперечного сечения. Обделка

тоннеля из чугунных тубингов. Диаметр тоннеля 20 м в свету.

Верхняя часть тоннеля 1 предназначена для городского автомобильного транспорта. Проезжая часть имеет двустороннее и двухполосное движение и два тротуара 2 для пешеходов. По бокам ниже автодороги в тоннеле размещены две скоростные линии метрополитена 3. В нижней части тоннеля располагают изолированное пространство 4. Тоннель в военное время может быть использован как бомбоубежище, а нижняя его часть —

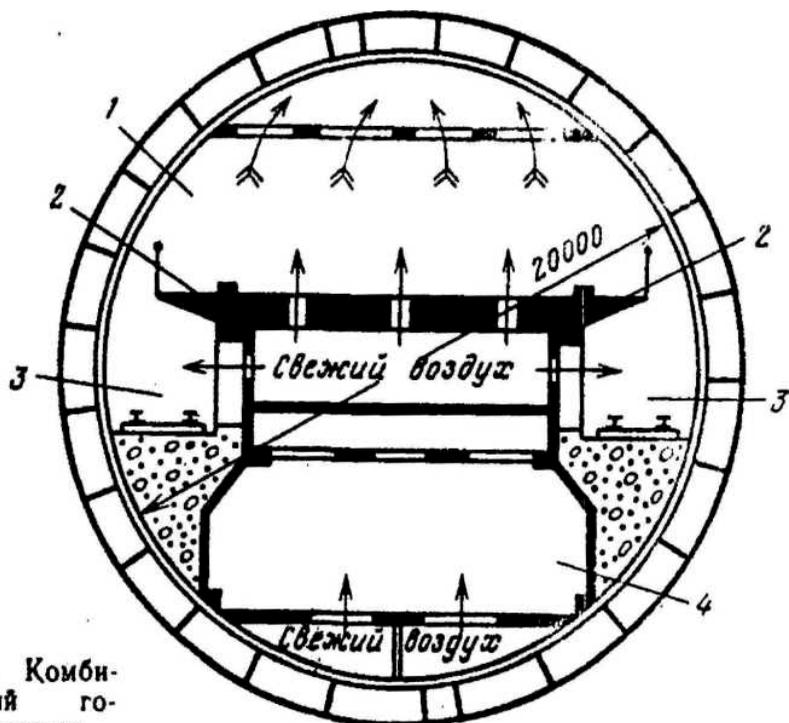


Рис. 124. Комбинированный городской тоннель
198

и как газоубежище. ' Вентиляция для проветривания тоннеля принята нагнетательная. В военное время при газовой атаке проветривание убежища 4 может осуществляться благодаря регенерации воздуха.

Тоннели подземного скоростного трамвая

На улицах интенсивного движения в центральной части города, а также в условиях специфической застройки старых городов при узких и извилистых улицах создаются чрезвычайно тяжёлые условия для перевозки пассажиров. Для обеспечения нормального транспортирования основных пассажиропотоков на главных улицах целесообразно переводить трамваи в тоннели, организуя подземное скоростное движение. В настоящее время подземные скоростные трамваи применены в г. Ереване, Волгограде, Львове, Кривом Роге и др.

Широкое применение подземные трамваи получили за рубежом. Так, в г. Бостоне (США) 15 км трамвайных линий находится в тоннелях. В Цюрихе из общей сети трамвайных линий 12,3 км в тоннелях. В Дюссельдорфе суммарная линия подземных линий достигает 41 км. Станции подземного трамвая располагаются на

расстоянии от 300 до 450 м. Намечается строительство подземных линий в ряде городов ФРГ—Кельне, Дортмунде,, Бремене и др.

В городах с перспективой дальнейшего роста населения возможно использование трасс подземного трамвая в сети будущего метрополитена.

В зависимости от горно-геологических условий и рельефа местности тоннели имеют различную глубину заложения.

Обычно тоннели принимаются двухпутными в устойчивых породах и однопутными в обводненных породах. Обделка тоннелей в устойчивых породах может быть принята аналогично обделке перегонных тоннелей мелкого заложения.

В обводненных породах обделка тоннелей принимается из сборного железобетона.

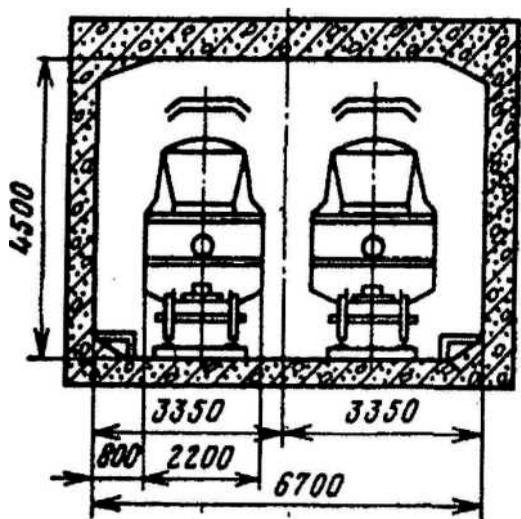


Рис. 125. Тоннель городского подземного трамвая

При двухпутных тоннелях обделка тоннеля обычно принимается из, монолитного железобетона (рис. 125).

В частности, в Волгограде на центральном участке пути скоростного трамвая осуществлено строительство тоннеля протяженностью 3,26 км. Тоннель был принят аналогично подземным перегонным тоннелям метрополитенов.

81. Подземные гаражи

За последние годы резко увеличилось число автомобилей. Так, в крупных городах Западной Европы на 1000 жителей приходится 200—300 автомобилей. Большое число автомобилей создает определенные трудности. Значительно увеличивается число индивидуальных автомобилей, владельцы которых вынуждены устанавливать свои машины вдоль тротуаров улиц и особенно переулков и дворовых участков, загромождая их и нарушая этим безопасное движение, ухудшая состояние воздушного бассейна, повышая уровень шума на местах их стоянки и особенно на дворовых участках. Это вызывает необходимость строительства в крупных городах внеуличных подземных

гаражей.

На рис. 126 представлена одна из возможных схем подземного гаража на 1500 автомобилей. Гараж представляет собой два тоннеля 1 длиной по 128,5 м, соединенных между собой сбой-

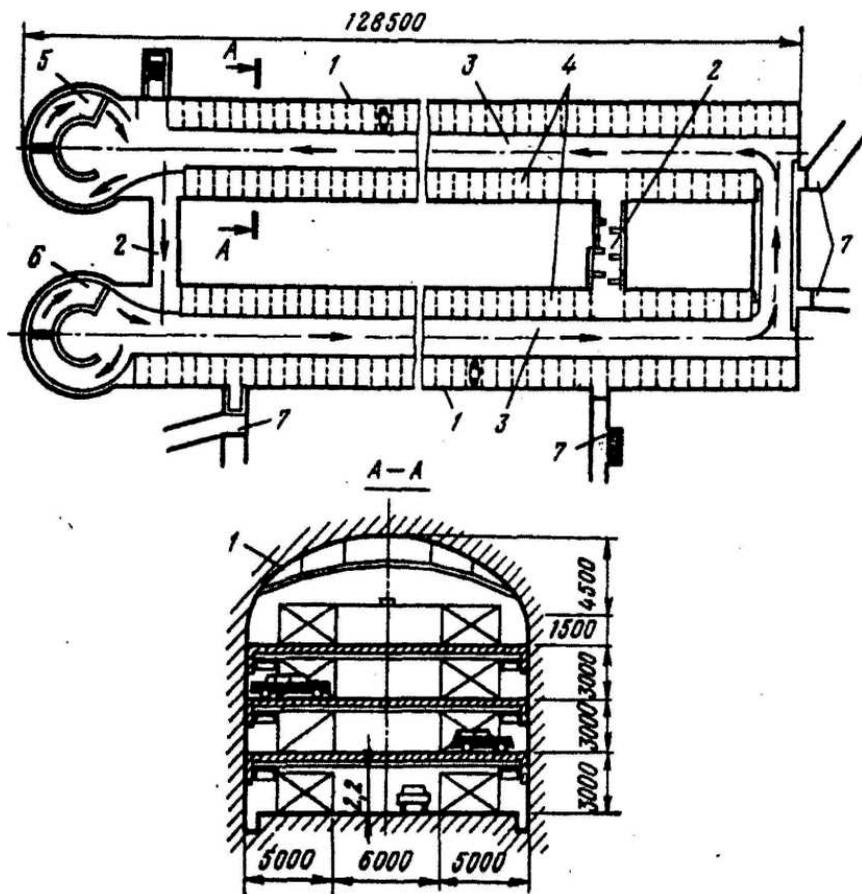


Рис. 126. Подземный гараж

ками 2. Тоннели имеют сводчатое очертание, пролет 16 м и высоту 15 м. По высоте тоннели разделены на четыре яруса. На каждом ярусе высотой в свету 2,2 м в центральной части расположены проезды 3 шириной 6 м и перпендикулярно к ним боксы 4 для размещения автомобилей. Боксы приняты с размерами в плане 5х2,3 м. По торцам тоннелей расположены спиральные рампы для выезда и въезда автомобилей (рампа 5 для выезда к рампа 6 для въезда автомобилей). Сбойки 2 используют для хранения запасных деталей и вспомогательных материалов и как помещение для обслуживающего персонала. Выработки 7 являются запасными выходами, а также служат для обеспечения проветривания гаража.

Глава V

ГОРОДСКИЕ КОЛЛЕКТОРНЫЕ ТОННЕЛИ

Вводные замечания

Развитие жилищного, культурно-бытового и промышленного строительства, повышение комфортности жилищного строительства вызвали необходимость значительного развития и усложнения инженерной подготовки подземной части строительства, т. е. нулевого горизонта.

Современная подземная сеть нулевого горизонта в крупных городах весьма обширна и многообразна. Сюда относятся трубопроводы городской канализации, водоснабжения, теплофикации, газопроводы, водостоки для отвода дождевых и талых вод, кабеля электроснабжения и связи, тоннели для отвода малых рек и др.

При густой застройке новых районов в крупных городах многоэтажными домами и при интенсивном городском транспорте раскрытие дорожного полотна на длительное время для прокладки различных подземных коммуникаций исключается, так как будет затрудняться движение транспорта и пешеходов, а в последующем

потребуется значительных затрат на восстановительные работы. С 1934—1935 гг, строительство коллекторных тоннелей в г. Москве производится подземным способом, Был использован опыт метростроения и применен щитовой способ работ

Объем строительства коллекторных тоннелей щитовым способом в городах Москва, Ленинград, Тула, Киев и др. достигает десятков километров в год.

Форма и размеры поперечного сечения коллекторных тоннелей

Коллекторные тоннели в большинстве случаев сооружают в малоустойчивых породах типа песков, супесей, суглинков и в меньшем объеме в моренных и тяжелых глинах, мергелях, глинистых сланцах и слабых известняках. Пески и супеси имеют включения гальки и валунов, водонасыщены, часто имеют малый коэффициент фильтрации и высокий уровень грунтовых вод. Таким образом, в гидрогеологическом отношении породы можно отнести к весьма сложным с точки зрения выбора способа и производства горно-строительных работ.

По крепости породы имеют коэффициент крепости по шкале проф. М. М. Протодяконов а в пределах /—0,5—2. Строительство коллекторных тоннелей осуществляют в условиях городской застройки, когда даже малый выпуск породы за контуром тоннеля может вызвать деформацию зданий.

Совокупность условий строительства коллекторных тоннелей вызвала необходимость обязательного применения проходческих щитов, наличие надежной грузонесущей обделки и возможно обширного применения специальных способов производства горных работ, т. е. применение водопонижения, сжатого воздуха, замораживания пород и др.

Применение проходческих щитов определило выбор формы коллекторных тоннелей, т. е. иметь круглую форму их поперечного сечения.

Проходческие щиты также вызвали необходимость разработки параметрического ряда коллекторных тоннелей. Исследования показали целесообразным иметь при строительстве коллекторных тоннелей пять диаметров: 1,8; 2,25; 2,8; 3,55 и 4,5 м (тоннели в свету) и

проходческие щиты диаметром 2; 2,6; 3,6; 4; 5,2 м (тоннели в проходке). Глубина заложения коллекторных тоннелей обычно невелика и изменяется в пределах 15—25 м. Глубину заложений определяют рядом условий: отметкой водоносных горизонтов (тоннель должен быть расположен ниже или выше водоносного горизонта), отметкой заложения, обеспечивающей самотечное движение воды. Вскрытие коллекторного тоннеля осуществляют с помощью вертикального ствола.

Сечение стволов небольшой глубины определяют из условия пропуска по стволу проходческого щита без его демонтажа. Так, при диаметре щита 2,6 м диаметр ствола должен быть не менее 4 м в свету; при диаметре щита 3,2—4 м диаметр ствола должен быть не менее 5,5 м и при диаметре щита 5,2—5,6 м — не менее 8,5 м. При большой глубине стволов (до 60—80 м), что имеет место при строительстве магистральных коллекторных тоннелей, площадь поперечного сечения ствола определяют из условия обеспечения производительности подъема по выдаче породы при строительстве тоннеля и спуску оборудования. Форму поперечного сечения стволов обычно принимают круглой с облегченной обделкой в

виде подвесных металлических колец с деревянными затяжками.

С целью ускорения работ и сокращения расходов металла в настоящее время при строительстве стволов применяют опускную крепь с использованием объемных железобетонных конструкций в виде колец или прямоугольных рам.

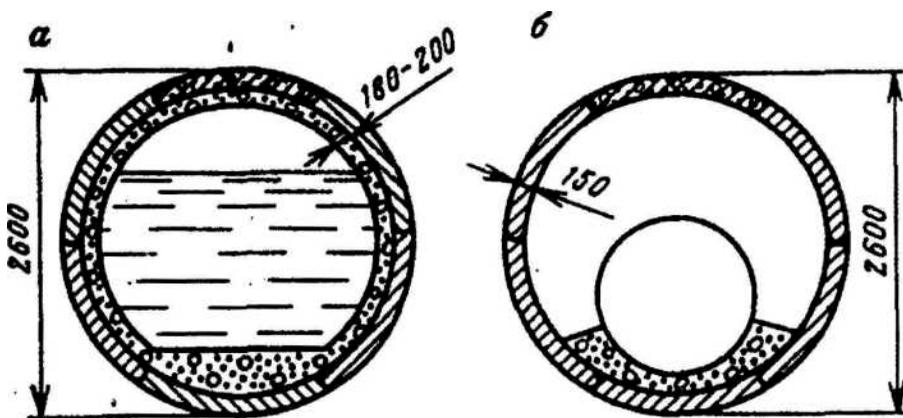


Рис. 127. Специализированные коллекторные тоннели

В зависимости от условий использования коллекторных тоннелей они могут быть подразделены на специализированные, т. е. служащие только для отвода канализационных, фекальных или промышленных загрязненных вод, и общего назначения, когда наряду с прокладкой трубопроводов для отвода загрязненных вод также размещают различные трубопроводы —

теплофикации, водоснабжения, газа, прокладывают различные кабели — силовые, связи и предназначенные для размещения значительного количества объема сетей подземного хозяйства города.

На рис. 127 представлено сечение специализированных коллекторных тоннелей: на рис. 127, а, когда тоннель полностью используют как безнапорный самотечный, и на рис. 127, б, когда в тоннеле укладывают металлическую трубу, в которой перемещаются промышленные отходы, характеризующиеся большой вредностью или трубы теплофикации.

Тоннели общего назначения получили широкое применение, что обеспечивает лучшие условия их эксплуатации — доступность для регулярного осмотра, ремонта, сохранность от коррозии проложенных в тоннели различных коммуникаций и др.

На рис. 128 представлены сечения коллекторных тоннелей общего назначения от ОСТ 24-17002. Трубопроводы в тоннелях размещают на железобетонных опорах консольного или рамного типов. Трубопроводы газовые и водоснабжения располагают выше

канализационных трубопроводов. Кабели укладывают на кронштейнах, размещаемых в верхней части тоннеля, или на консолях, встроенных в обделку тоннеля. Кабели связи отделяют от силовых кабелей и располагают на противоположных сторонах тоннеля. В центральной части тоннеля размещают проход для лиц надзора. Ширина прохода 0,6—0,8 м.

Более 70% объема строительства тоннелей выполняется проходческими щитами диаметром 2,1 и 2,6 м.

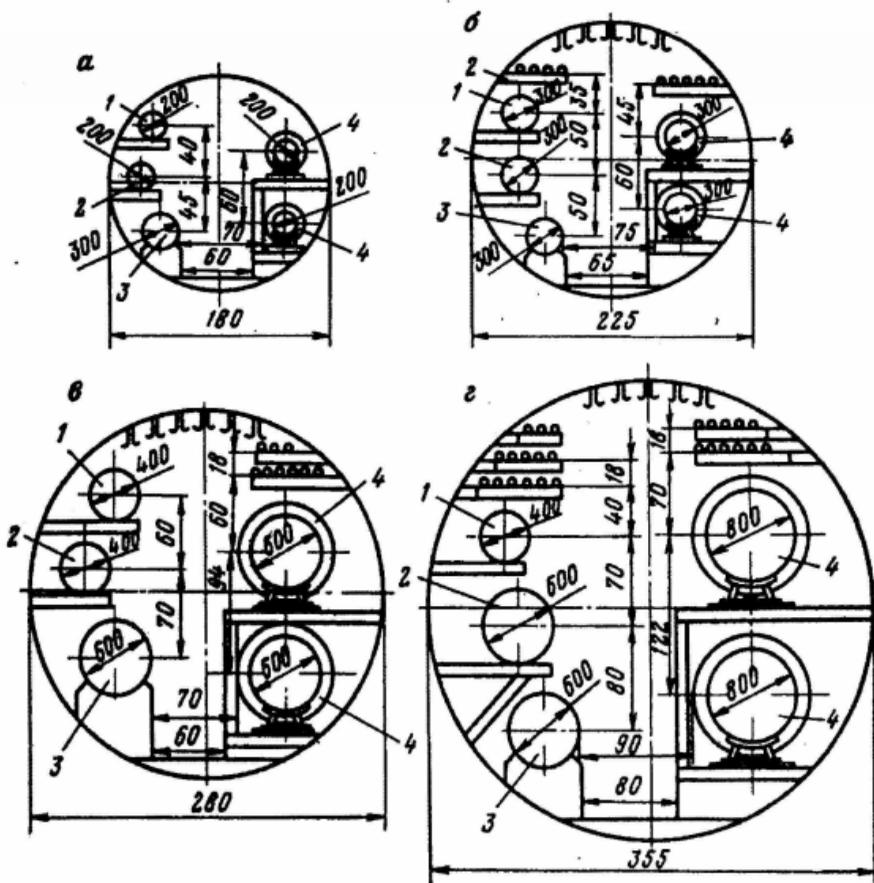


Рис. 128. Коллекторные тоннели общего назначения:
 а — диаметром 1,8 м; б — диаметром 2,25 м; в — диаметром 2,8 м; г — диаметром 3,35 м; 1 — газопровод; 2 — трубопровод водоснабжения; 3 — напорный трубопровод канализации; 4 — трубопровод теплофикации

§62 . Конструкции обделок коллекторных тоннелей

Конструкции обделок тоннелей должны обеспечить способность быстрого после монтажа восприятия горного давления; исключить осадку земной поверхности и тем

самым обеспечить возможность ведения работ под зданиями и сооружениями. Обделка должна быть герметичной и полностью исключать фильтрацию воды из пород.

Коллекторные тоннели в большинстве случаев по назначению являются специализированными, и к их обделкам предъявляется ряд специальных требований: размеры поперечных сечений тоннелей практически исключают установку в них оборудования для монтажа обделки, в связи с этим обделка должна быть сборной из блоков небольших размеров

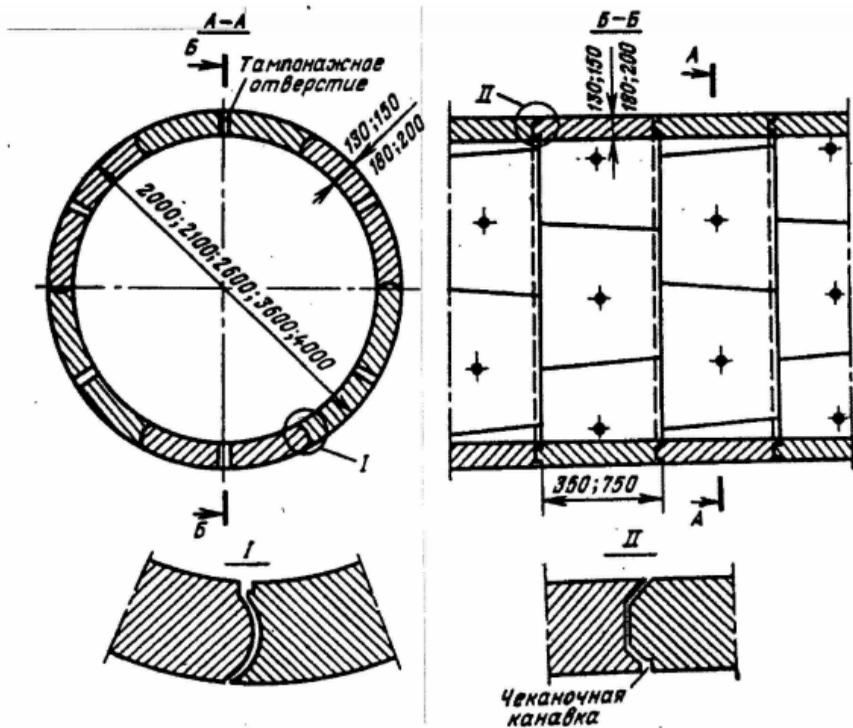


Рис. 129. Обделка из железобетонных блоков трапециевидной формы

и массы или из монолитного бетона; тоннели, служащие для пропуска фекальных и промышленных водостоков, мало доступных для осмотра, должны иметь обделку, отличающуюся большой прочностью, что необходимо в связи с наличием в потоках взвесей, истирающих внутреннюю поверхность обделки тоннеля, и устойчивой от разрушения в результате коррозии. Обделка также должна исключать инфильтрацию жидкости из тоннеля, что может повлечь за собой заражение йочвы, а также

снизить несущую способность окружающего тоннель массива пород.

Наибольшее применение (свыше 80%) получили железобетонные блоки. На рис. 129 представлена обделка тоннеля из блока трапециевидной формы с указанием его основных размеров в зависимости от диаметра коллекторного тоннеля.

Кольцевые обделки коллекторных тоннелей и крепи стволов шахт в городском строительстве рассчитывают на основании «Указаний по проектированию крепи горизонтальных и вертикальных выработок в городском подземном строительстве», разработанных в Московском горном институте в 1980 г. Методика расчетов и программы для расчета их на ЭВМ разработаны канд. техн. наук Б. Н. Борисовым.

Строительство коллекторных тоннелей в основном осуществляют в сложных гидрогеологических условиях, а в качестве обделок тоннелей применяют сборные железобетонные блоки, т. е. обделку, имеющую большое число швов, а следовательно, не обеспечивающую должную герметичность. При этом создаются условия для развития фильтрации воды из окружающих пород в

тоннели или жидкости из тоннеля в породу. Поэтому необходимо при сборке блоков обделки производить чеканку швов между ними, осуществлять первичное и контрольное нагнетание цементного раствора за обделку.

Для обеспечения герметичности применяют внутри сборной рабочей обделки внутреннюю «рубашку» из монолитного бетона или железобетона — получается как бы двухслойная обделка тоннеля. Такое решение задачи обеспечивает снижение фильтрации, но резко усложняет и удорожает работы по возведению обделки, особенно в тоннелях малых диаметров.

Для снижения трудоемкости работ по возведению двухслойной обделки, а также ее стоимости можно признать более целесообразным применение однослойной монолитно-прессованной бетонной крепи.

На рис. 130 представлена схема возведения монолитно-прессованной обделки тоннеля. Породу грузят конвейерами 1 и 8 в вагонетки 9. Бетонную смесь из бетоноукладочной машины 7 сжатым воздухом по бетоноводу 2 подают за переставную металлическую опалубку 6 в замкнутое пространство 5, где бетонную смесь прессуют с помощью щитовых домкратов 3. Дав-

ление на бетонную смесь передается через прессующее кольцо 4. По мере набора прочности бетона отдельные кольца опалубки 6 перестанавливаются.

С применением монолитно-прессованной обделки сооружено 9 км тоннелей малого диаметра в ряде городов (Волгоград, Киев, Ленинград и др.).

Пресс-бетон позволяет получить гладкую, без швов внутреннюю поверхность обделки, значительно снизить стоимость обделки и затраты труда, а также повысить использование сечения тоннеля.

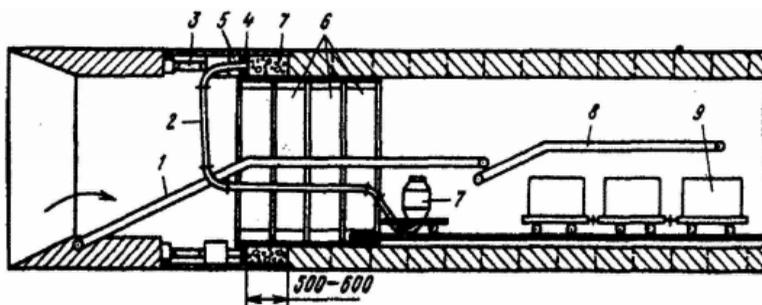


Рис. 130. Схема строительства тоннеля при монолитно-прессованной обделке

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Глава VI

ПОДЗЕМНЫЕ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ (ГЭС)

Вводные замечания

Строительство гидроэлектростанций с подземным расположением всех сооружений впервые было осуществлено в 1904—1907 гг. В настоящее время число эксплуатируемых и строящихся подземных ГЭС достигает около 400 единиц с общей мощностью более 45 000 МВт.

Строительство подземных ГЭС характеризуется значительным ростом их мощности. В табл. 25 приведены наиболее мощные подземные ГЭС.

Объемы горно-строительных работ при сооружении ГЭС достигают весьма значительных величин по выемке породы и расходу бетонной смеси при возведении обделки. Так, например, при строительстве Нурекской ГЭС объем выемки породы составил 2,5 млн. м³ и расход бетонной смеси — 1,1 млн. м³. На Ингури эти объемы

соответственно равны 3,2 млн. м³ и 1,3 млн. м³. По проекту строительства Рогунской ГЭС объем выемки породы составит 5,1 млн. м³ и бетонной смеси — 1,6 млн. м³, число выработок и камер различного поперечного сечения 294 единицы общей протяженностью 62 км.

Строительство подземных ГЭС осуществляют в районах с гористым рельефом в благоприятных горногеологических условиях.

При подземном варианте ГЭС улучшаются энергетические показатели благодаря уменьшению гидравлических потерь напора, поскольку сокращается длина деривации. Строительные

Таблица 25

ГЭС	Страна	Мощность, МВт	ГЭС	Страна	Мощность, МВт
Нурекская	СССР	2700	Нечако-Кемано	Канада	1760
Ингури	СССР	1300	Корнуолл	США	2000
Рогунская	СССР	3600	Харспронгет	Швеция	2020
Черчилл-Фоллс	Канада	5200	Кабора-Басса	Мозамбик	2075
Портдж-Маунтин	Канада	2300			

работы можно производить круглый год независимо от климатических условий, что особенно важно в условиях сурового климата. Расходы по эксплуатации и ремонту сооружений подземных ГЭС обычно не превышают этих

расходов при применении ГЭС открытого типа.

К недостаткам подземного расположения ГЭС можно отнести то, что их строительство в более значительной степени, чем открытых ГЭС, зависит от инженерно-геологических условий; для осуществления горно-строительных работ требуются рабочие более высокой квалификации и сложное горнопроходческое оборудование, узкий фронт горных работ, что вызывает удлинение сроков строительства.

§ 66 Компоновка подземных выработок и камер подземных ГЭС

Комплекс выработок и камер подземных ГЭС является весьма сложным и многообразным. В комплекс объектов станции обычно входят: горизонтальные, наклонные и вертикальные выработки. Различное назначение выработок и камер вызывает необходимость иметь большое разнообразие их форм, площадей поперечного сечения, протяженности, а также конструкций и материалов обделок.

Компоновочные схемы подземных ГЭС могут быть подразделены на две основные группы. При концевой

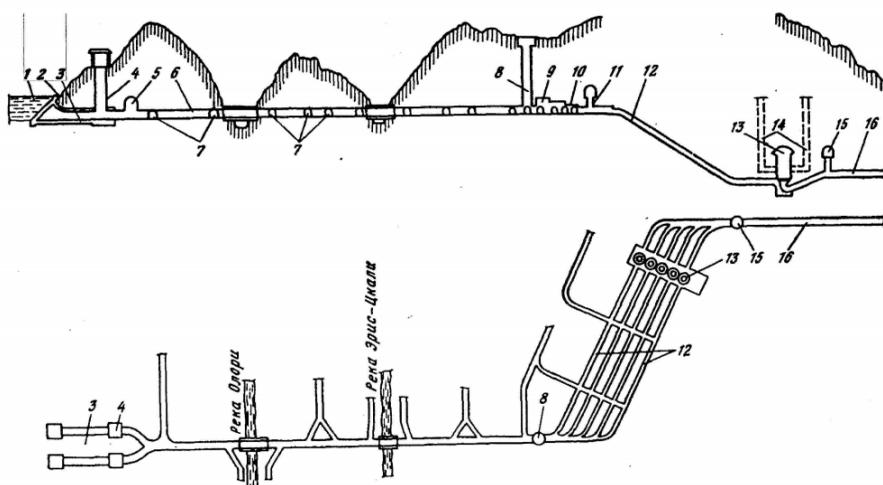
схеме машинный зал станции расположен в конце напорного, водоподающего тоннеля, а водоотводящий тоннель имеет незначительную протяженность; при головной схеме машинный зал станции расположен вблизи водозабора. Напорный водоподающий тоннель имеет ограниченную длину по сравнению с водоотводящими.

Выбор компоновочной схемы ГЭС определяется рядом условий — гидравлическим режимом работы станции, топографией участка строительства, горно-геологическими условиями, мощностью станции и общими условиями ее строительства.

На рис. 132 представлена компоновочная схема Ингури ГЭС. Станция расположена в узком ущелье реки Ингури, где сооружена бетонная арочная плотина 2 высотой 271 м и создано водохранилище 1 вместимостью 68 млн. м³. От глубинного водоприемника 3 вода поступает в напорный тоннель 6 длиной 15,05 км круглой формы поперечного сечения с площадью в свету 62,6 м². Максимальный расход воды 450 м³/с.

В портале напорного тоннеля расположены камера 5 аварийных затворов и шахта 4 управления затворами. В

конец напорного туннеля сооружены уравнивательная шахта 8 и монтажная камера 9, расщетки турбинных водоводов 10 и камера дисковых затворов 11. Строительство напорного туннеля и камер осуществляли с помощью десяти строительных штолен 7. В конце напорного туннеля из монтажной камеры 9 проведено пять наклонных турбинных водоводов 12 средней протяжен-



2

Рис. 132. Концевая компоновочная схема камер и выработок ГЭС

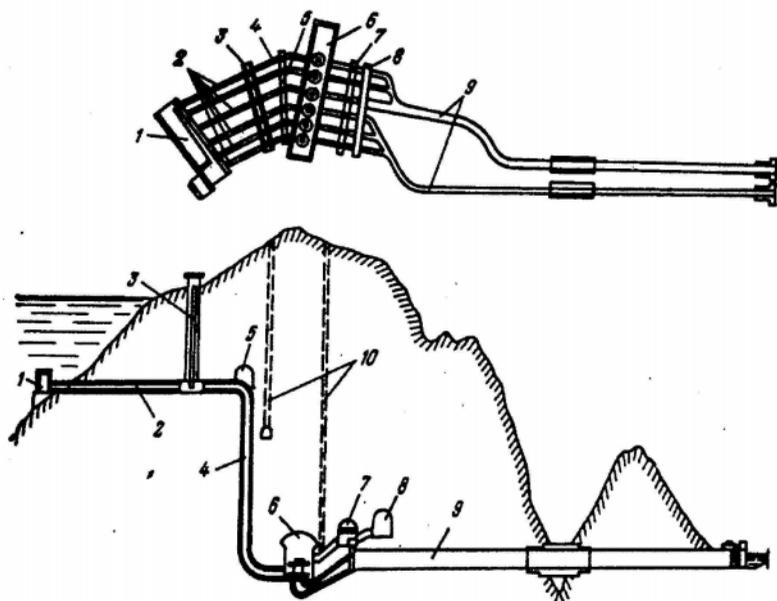


Рис. 133. Головная компоновочная схема камер и выработок ГЭС

ностью по 680 м круглого поперечного сечения с диаметром 5 м.

В машинном зале 13 установлены пять турбинных агрегатов общей мощностью 1300 МВт. Машинный зал с земной поверхностью связан тремя шахтами 14. Из турбин вода сбрасывается в отводящий безнапорный тоннель 16 протяженностью 3,15 км с площадью поперечного сечения в свету 116 м² в русло реки Эрис-Цкали. В отводящем тоннеле размещена камера низового затвора 15.

Головная схема расположения камер и выработок

принята при строительстве Рогунской ГЭС (рис. 133). ГЭС строится на реке Вахш, где сооружается каменно-земляная плотина высотой 325 м. От глубинного водоприемника 1 вода поступает в шесть водоподводящих тоннелей 2 средней длиной 145 м, круглого поперечного сечения диаметром в свету 7,5 м. На водоподводящих тоннелях размещаются шахты аварийно-ремонтных затворов 3. Далее вода поступает в вертикально расположенные турбинные водоводы 4, над которыми находится монтажная галерея 5. В машинном зале станции 6 предусматривается установка шести турбинных агрегатов общей мощностью 3600 МВт. Из турбин вода сбрасывается в два водоотводящих безнапорных тоннеля 9. В начале безнапорных тоннелей расположены низовые затворы 7 и трансформаторная камера 8. Для вентиляции сооружаются два ствола 10.

Головная схема в практике строительства ГЭС имеет *широкое* применение (Чиркейская, Виллойская, Хантайская, Верхне-Тулумская, Черчилл-Фоллс, Харспронгет и др). Схема позволяет иметь небольшую протяженность напорных турбинных водоводов и более экономичный при строительстве безнапорный

водоотводящий тоннель. Турбинные водоводы применяют в виде вертикальных стволов, что позволяет сократить их длину. Все сооружения головного и стационарного узлов располагаются компактно, что обеспечивает удобства при строительстве и их обслуживании.

§ 67 Гидроаккумулирующие станции (ГАЭС)

Тепловые и атомные станции не приспособлены к переменному режиму работы, когда в энергосистеме имеется избыточная мощность. Повышение маневренной способности энергосистем возможно путем строительства гидроаккумулирующих станций.

Гидроагрегаты ГАЭС в часы ночного уменьшения электрической нагрузки, когда в энергосистеме в целом имеются избыточные мощности, работают как насосы, перекачивая воду из нижнего водохранилища в верхний аккумулирующий бассейн.

В часы наибольшего потребления энергии гидроагрегаты работают как турбины и сбрасывают запасенную в верхнем бассейне воду, вырабатывая электроэнергию и обеспечивая таким образом

выравнивание суточного потребления электроэнергии.

На рис. 134 представлена схема ГАЭС с верхним аккумулирующим бассейном 2. В качестве бассейна может быть использовано естественное водохранилище в виде озера, залива и т. п. На рисунке показаны водоприемник ГАЭС;

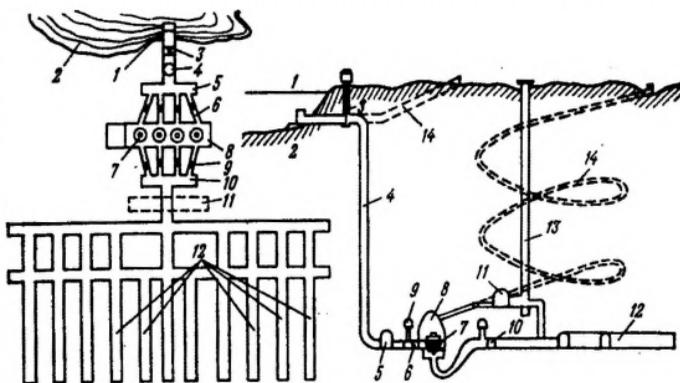


Рис. 134. Компоновочная схема ГАЭС

1 шахта аварийно-ремонтных затворов 3; турбинный водовод 4, камера 5 распределительных водоводов 6, подводящих воду в обратимые гидроагрегаты 7, размещенные в машинном зале станции 8. Обратимый гидроагрегат состоит из гидромашины и двигателя генератора. Гидромашина выполняет последовательно две функции, работая в турбинном или в насосном режимах. Двигатель-генератор при работе гидроагрегата в турбинном режиме (как генератор) вырабатывает электроэнергию. Вода из обратимого гидроагрегата при работе его в турбинном режиме поступает по выработке 10 в подземный бассейн 12, представляющий ряд параллельных выработок. Объем

бассейна 12 изменяется в зависимости от мощности ГАЭС и времени работы ее по выработке электрической энергии (обычно 6 ч.), Объем подземного бассейна изменяется в пределах 5—10 млн. м³. Для перекачки воды из подземного бассейна в водоем гидромашину переключают на насосный режим работы, а двигатель-генератор на двигательный режим. Вода через распределительный водовод 6, камеру 5, вертикальный водовод 4, водоприемник 1 поступает в верхний бассейн 2.

На рис. 141 показаны камера трансформаторов 11, кабельная шахта 13, строительные выработки 14 и камеры аварийных затворов 9.

Строительство ГАЭС в условиях равнинного ландшафта обеспечивает свободный выбор месторасположения станции, позволяет иметь большие напоры благодаря заглублению машинного зала на заданную глубину. К недостаткам ГАЭС можно отнести большие объемы строительства подземных бассейнов.

В СССР находится в эксплуатации Киевская ГАЭС, завершается строительство Загорской ГАЭС мощностью 1200 МВт и Кайшыдарская ГАЭС мощностью 1600 МВт. Начато строительство четырех станций ГАЭС суммарной мощностью 9200 МВт. За рубежом

насчитывается более 200 станций с общей установленной мощностью 40000 МВт, и в стадии строительства находятся 55 ГАЭС примерно такой же суммарной мощности.

§ 68 Тоннели подземных гидростанций

Комплекс выработок и камер ГЭС включает в себя подходные строительные и гидротехнические тоннели. Суммарная протяженность этих тоннелей достигает весьма большой величины. Строительные подходные выработки необходимы в самый начальный период для раскрытия фронта работ по строительству собственно тоннелей и камер ГЭС.

В компоновочной схеме Ингури ГЭС (см. рис. 132) было использовано десять строительных подходных штолен.

Сечение подходных строительных штолен определяют исходя из габаритов буровых рам, погрузочных машин, самоходно-