

Рис. 5.3. Водоочистная установка типа «Струя»:

1 — насос подачи воды; 2 — сетчатый фильтр; 3 — вид коагулянта; 4 — многоярусный отстойник с вихревой камерой; 5 — операционная задвижка; 6 — насос-дозатор коагулянта; 7 — оборудование для коагулирования; 8 — насос-дозатор хлорреактента; 9 — оборудование для обеззараживания; 10 — электромешалка; 11 — напорный скорый фильтр; 12 — ввод обеззараживающего реактента

Для осветления и обеззараживания воды как в реакгентном, так и в безреакгентном режиме разработаны установки заводского изготовления типа «Струя» с производительностью от 25 до 800 м³/сут, широко применяемые в сельской местности (рис. 5.3).

Глава 2. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

2.1. ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Водозаборы. Водозаборное сооружение, водозабор — гидротехническое сооружение, предназначенное для забора воды из источника водоснабжения. Основное требование к водозаборным сооружениям — бесперебойное обеспечение водой снабжаемого объекта в нужном количестве и соответствующего качества. Эти сооружения одновременно с бесперебойным обеспечением водой потребителя должны учитывать особенности и свойства используемых природных источников.

Все водозаборные сооружения могут быть разделены на две группы по виду используемого природного источника воды: сооружения для забора поверхностных вод (береговые, русловые); сооружения для забора подземных вод (трубчатые и шахтные колодцы, горизонтальные водозаборы, лучевые водозаборы и каптажи родников).

Выбор типа и конструкции водозабора зависит от топографических и физико-географических условий районов (климат, рельеф), гидрологических и гидрогеологических особенностей источников водоснабжения (связь водоносных пластов друг с другом и с поверхностными водами, область и источник питания, мощность источника питания, качество воды), возможности использования местных строительных материалов, организации зоны санитарной охраны.

От выбора месторасположения водозабора в значительной степени зависит надежная и бесперебойная его работа. При выборе места расположения водозабора следует пользоваться следующими рекомендациями: место расположения водозабора должно быть по возможности ближе к потребителю; размещение водозабора не должно противоречить интересам других водопотребителей и перспективным водохозяйственным мероприятиям на водисточнике; топографические, гидрологические, геологические и гидрогеологические условия должны быть подходящими для строительства и эксплуатации водозабора; решения должны быть простые и экономичные.

Не рекомендуется размещение водозабора в акваториях портов, бухт, в зоне разрушения берегов и отложения наносов, в верховьях водохранилищ, в местах зимовья рыбы, возникновения заторов, зажоров и полного промерзания водотока, нагона плавника и водорослей. При размещении водозабора в устьях рек, впадающих в моря, следует учитывать морские приливы, ветровые сгоны и нагоны воды.

Начнем рассмотрение водозаборов с сооружений для забора воды из поверхностных источников.

На реках применяют два типа водозаборов: береговые и русловые, которые отличаются между собой расположением водоприемного сооружения относительно берега (см. рис. 5.4). У водозаборов берегового типа водоприемник совмещается с береговым колодцем, и его водоприемные отверстия всегда доступны для обслуживания, что гарантирует их бесперебойную работу. Поскольку вода забирается у самого берега реки, то в этом месте берег должен быть крутым, устойчивым, незатопляемым в период паводков и удобным для размещения водозабора. В свою очередь, береговые водозаборы по конструктивному оформлению бывают двух типов: отдельные и совмещенные с насосной станцией. Отдельные береговые водозаборы сооружают при слабых грунтах берега и неблагоприятных топографических условиях. Совмещенные с насосной станцией береговые водозаборы сооружают при прочных скальных грунтах. Совмещение берегового колодца и насосной станции значительно упрощает обслуживание водозабора, повышает надежность его работы, позволяет использовать насосы с малой вы-

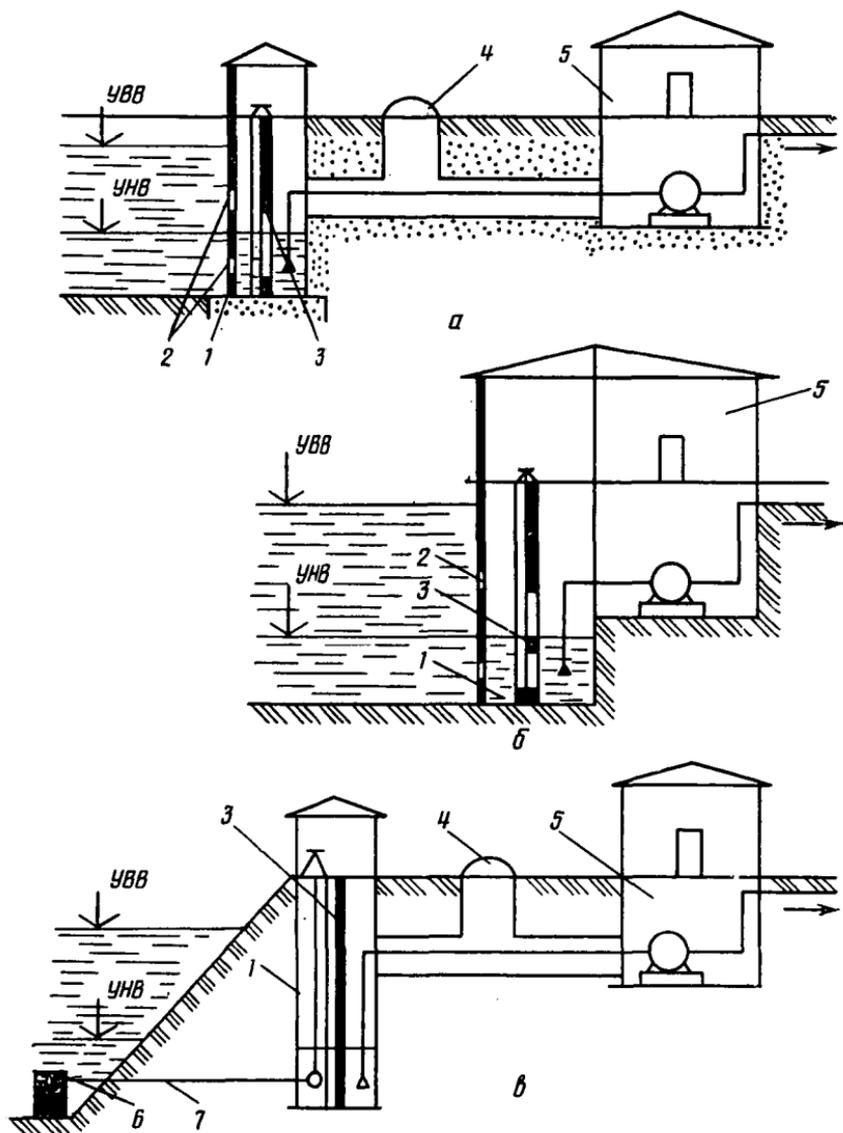


Рис. 5.4. Речные водозаборы:

а — береговой раздельный; *б* — береговой совмещенный; *в* — русловый; 1 — водозаборный колодец; 2 — окна; 3 — сетка; 4 — галерея; 5 — насосная станция; 6 — оголовок; 7 — самотечные линии

сотой всасывания и значительной амплитудой колебания уровня воды в реке.

Береговой водозабор представляет собой комплекс сооружений по приему воды у самого берега и состоит из: водоприемного сетчатого колодца и насосной станции I подъема (рис. 5.4, а и б).

Водоприемные отверстия, через которые вода поступает в водозабор, располагают в передней стенке колодца на различных уровнях, что позволяет осуществлять забор наиболее чистой воды при максимальном и минимальном уровнях воды в реке.

Нижнее из водоприемных отверстий должно находиться не менее чем на 0,5 м выше дна водоема, а верхнее — не менее чем на 0,2 м ниже нижней кромки льда. Размеры отверстий и их число определяются гидравлическими расчетами. Для предотвращения попадания крупных плавающих предметов в колодец водоприемные отверстия перекрывают съемными сороудерживающими решетками, установленными в пазах с наружной стороны колодца. При необходимости в летний период их можно заменить плоскими рыбозащитными сетками. Сороудерживающие решетки представляют собой металлическую раму, сваренную из уголкового стали или швеллера с металлическими вертикальными стержнями круглого или прямоугольного сечения с размерами в свету 30...100 мм. Съемные решетки очищают вручную на служебном мостике или балконе служебного павильона. Поднимают решетки для очистки по направляющим швеллеров, забетонированных в стенке берегового колодца с помощью грузоподъемных устройств. С внутренней стороны водоприемные устройства оборудуют клапанами или щитами, позволяющими в любое время года полностью или частично перекрывать отверстие для осмотра или проведения ремонта.

Внутри берегового колодца находятся также сороудерживающие сетки, которые обеспечивают полную очистку воды от сора и делят колодец на два отделения: водоприемное — перед сеткой и всасывающее — за сеткой. Эти сетки могут быть двух типов: плоские (подъемные) и вращающиеся.

Забор воды осуществляется всасывающими трубопроводами насосов после процеживания воды через сетки из всасывающего отделения берегового колодца. Береговой колодец оборудуется илоудаляющими устройствами — эжекторами, специальными приемниками, взмучивающими трубопроводами для разрыхления слежавшегося осадка.

При раздельной компоновке водозабора берегового типа насосная станция I подъема располагается на некотором удалении от берегового водоприемного колодца на участке с более прочным основанием. Береговой колодец и насосная станция

соединяются между собой всасывающими трубопроводами, уложенными в проходной галерее.

Русловой водозабор (рис. 5.4, в) состоит из оголовка (водоприемного устройства), расположенного в реке или канале, самотечных или сифонных водоводов, водоприемно-сетчатого колодца и насосной станции I подъема. В зависимости от расположения водоприемно-сетчатого колодца и насосной станции I подъема, русловые водозаборы бывают двух типов (по аналогии с береговыми водозаборами): раздельной компоновки и совмещенной.

При относительно чистой воде в реке и небольшой производительности водозабора в состав руслового водозабора входят: оголовок, всасывающий трубопровод и насосная станция I подъема. В этом случае вода очищается сеткой оголовка, заменяющей решетки на водоприемных отверстиях.

Так как водоприемная часть русловых водозаборов труднодоступна для осмотра, самотечные и сифонные трубопроводы могут засоряться, заиливаться и забиваться шугой, то условия их эксплуатации значительно сложнее, а надежность в работе меньше по сравнению с береговыми водозаборами. Поэтому применение русловых водозаборов ограничено.

В нашей стране 90% централизованных систем сельскохозяйственного водоснабжения, использующих подземные воды. Эти воды особенно ценны для хозяйственно-питьевого водоснабжения, т. к. они обладают высокими санитарными качествами. Воды подземных источников образуются путем просачивания в землю атмосферных осадков и поверхностных вод и встречаются в виде родников (ключей), выклинивающихся на поверхность земли, грунтовых вод, содержащихся в верхних слоях грунта и в водоносных пластах, перекрытых (сверху и снизу) водонепроницаемыми грунтами. Грунтовые воды могут протекать в напорном и безнапорном режимах. Напорные подземные воды иногда называют *артезианскими*. Напорные подземные воды, как правило, высокого санитарного качества, так как они, просачиваясь через толщу грунта, очищаются от механических примесей и бактерий и поэтому могут использоваться для хозяйственно-питьевых целей без очистки. Температура подземных вод постоянна.

Напорные водоносные пласты обычно обладают большим запасом воды, чем безнапорные.

В зависимости от мощности (толщины) водоносного пласта и глубины его залегания, водообильности, гидравлических характеристик подземного потока, для забора подземных вод устраивают следующие водоприемные сооружения (водозаборы): водозаборные скважины, шахтные колодцы, горизонтальные водозаборы, лучевые водозаборы, каптажи родников. При этом

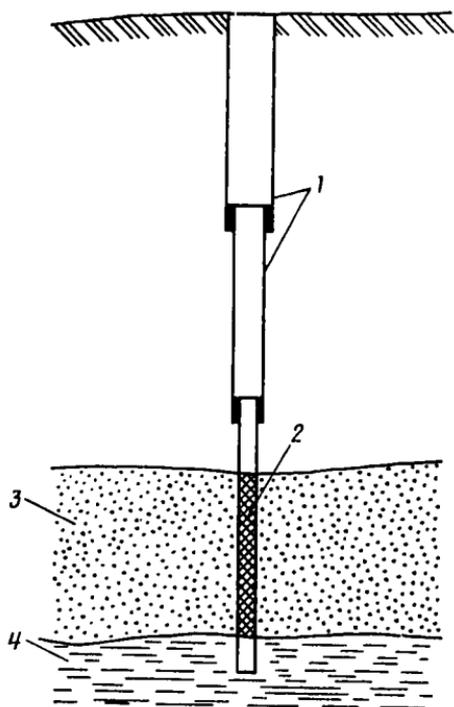


Рис. 5.5. Трубчатый колодец:

1 — колонна труб; 2 — фильтр; 3 — водоносный пласт; 4 — водонепроницаемый слой

водозаборные сооружения могут быть совершенными и несовершенными. Те водозаборы, которые прорезают водоносный пласт полностью, достигая подстилающего водонепроницаемого слоя, называют *совершенными*. А те водозаборы, которые прорезают водоносный пласт частично, не достигая водоупора, называют *несовершенными*.

Водозаборные скважины или трубчатые буровые колодцы применяют при относительно глубоком залегании водоносных пластов (более 10 м) и значительной их мощности (более 5...6 м) и устраивают как в напорных, так и безнапорных водоносных пластах (см. рис. 5.5).

Трубчатые колодцы — наиболее распространенный вид сооружений для забора подземной воды, т. к. они имеют много преимуществ перед другими водозаборами. Трубчатые колодцы представляют собой пробуренные в земной коре скважины глубиной от 10 до 1000 м (чаще всего 100...150 м и диаметром от 75 до 500 мм). В рыхлых и неустойчивых скальных и полускальных породах ствол скважины закрепляют обсадными трубами одного или нескольких диаметров, расположенными телескопически. В качестве обсадных труб для крепления скважин применяют стальные бесшовные, водогазопроводные, асбоцементные, полиэтиленовые и пластмассовые трубы. В пределах водоносного слоя устанавливают фильтровую колонну, состоящую из водоприемной (фильтрующей) части, надфильтровой трубы и отстойника.

Фильтр — основная часть трубчатого колодца, т. к. от его конструкции зависят условия и длительность эксплуатации колодца. Конструкцию и размеры фильтра выбирают в зависимости от различных условий: гидрогеологических, режима эксплуатации скважины, глубины скважины, агрессивности воды, дебита и т. д.

Фильтры бывают дырчатые (круглые или щелеобразные отверстия в стенках каркаса), сетчатые (фильтровальные сетки из латунной, медной, стальной проволоки, накладываемые на внешнюю боковую поверхность каркаса), щелевые, гравийные, проволочные, каркасно-стержневые и пористые. Надфильтровая труба должна быть выше башмака обсадной колонны не менее чем на 3 м при глубине скважины до 30 м и не менее чем на 5 м — при глубине скважины более 30 м. Отстойник обычно устраивают в виде глухой трубы длиной до 2 м.

При расчете трубчатых колодцев обычно по заданному расходу забираемой воды определяют число колодцев, размеры фильтров и расстояние между колодцами.

Шахтные колодцы широко применяют в первых от поверхности безнапорных водоносных пластах, сложенных рыхлыми породами и залегающих на глубине 30 м. При мощности водоносного пласта до 3 м строят шахтные колодцы совершенного типа с вскрытием всей мощности пласта. При мощности водоносного пласта больше 3 м допускается строительство совершенных и несовершенных шахтных колодцев со вскрытием части пласта. Принципиальная схема шахтного колодца показана на рисунке 5.6. Вода поступает в колодец из безнапорного водоносного пласта через боковые отверстия и дно (если колодец несовершенного типа).

При расположении водоприемной части в песчаных грунтах на дне колодца предусматривается обратный песчано-гравийный фильтр или фильтр из пористого бетона, а в стенках водоприемной части колодцев — фильтры из пористого бетона или гравийные. Обратный фильтр устраивается из нескольких слоев песка и гравия толщиной 0,1 ... 0,15 м каждый, общей толщиной 0,4 ... 0,6 м с укладкой в нижнюю часть фильтра мелких, а в верхнюю — крупных фракций. Вода из шахтных колодцев в основном поднимается насосами, которые иногда оказывается возможным разместить в самих колодцах. Диаметр шахтного колодца не превышает 3 ... 4 м.

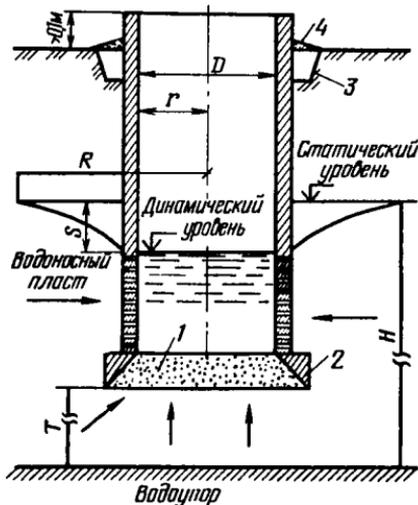


Рис. 5.6. Шахтный колодец:

1 — донный фильтр; 2 — оголовок; 3 — глиняный замок; 4 — отмостка

При больших расчетных диаметрах колодцев целесообразнее увеличить их число. При устройстве нескольких колодцев их располагают в одну линию. Расстояние между колодцами принимается в зависимости от радиуса кривой депрессии R , значения которого при разных грунтах приведены ниже в метрах:

для мелкого песка ($d=0,1...0,24$ мм)	50...100
для песка средней крупности ($d=0,25...0,5$ мм) . .	100...200
для крупного песка ($d=0,5...1,0$ мм)	200...400
для мелкого гравия ($d=2...3$ мм)	400...600
для гравия средней крупности ($d=3...5$ мм)	600...1500

Приток воды к колодцу можно определить по следующим зависимостям:

при $T \geq r$ по формуле В. Д. Бабушкина

$$Q = \frac{2\pi krS}{\frac{\pi}{2} + \frac{r}{T} \left(1 + 1,18 \lg \frac{R}{4H} \right)}; \quad (5.7)$$

при $R/H < 10$ по формуле Форхгеймера

$$Q = 4krS, \quad (5.8)$$

где k — коэффициент фильтрации; S — понижение уровня воды при откачке, м; T — расстояние от фильтра колодца до водоупора, м; R — радиус влияния колодца, м; H — мощность водоносного пласта, м.

Значение коэффициента фильтрации k , м/сут, для приближенных расчетов можно принять согласно следующим данным:

для очень мелкого песка	5..15
для мелкого песка	10...40
для песка средней крупности	25...100
для крупного песка	50...400
для гравия с крупным песком	200...600
для галечника с очень крупным песком	500...900

При проектировании шахтного колодца следует иметь в виду, что слой воды в нем должен быть не менее 1 ... 2 м. В зависимости от материала крепления стенок шахтные колодцы бывают бетонными, железобетонными, кирпичными, каменными (из бутового камня) и деревянными (ряжевыми). При небольшом диаметре колодцев их выполняют сборными из железобетонных колец.

Для индивидуального или группового пользования в сельской местности нашли широкое применение деревянные ряжевые колодцы. Они имеют обычно в плане квадратную форму от 1×1 до 1,4×1,4 м и выполняются из бревен диаметром 14 ... 18 см, стесанных с внутренней стороны, или брусьев шириной 20 ... 22 см.

С целью предотвращения попадания в колодец загрязнений и поверхностных вод стенки его поднимают над поверхностью

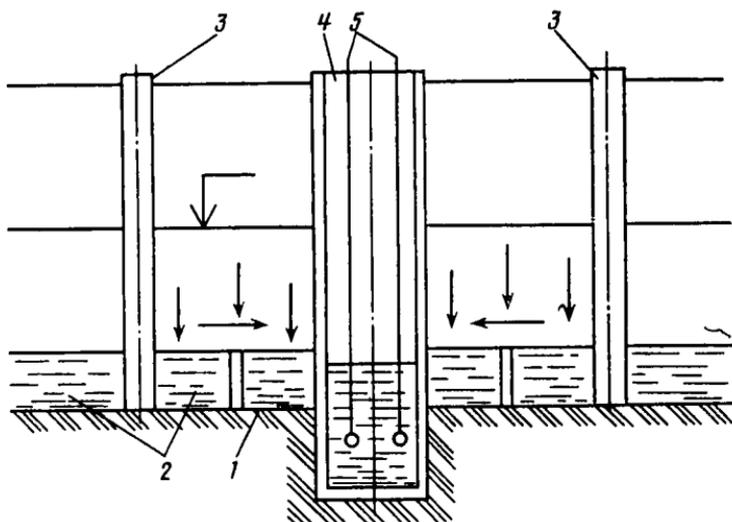


Рис. 5.7. Горизонтальный водозабор:

1 — водозаборная галерея; 2 — водоприемные отверстия; 3 — смотровые колодцы; 4 — водосборный колодец; 5 — водоподъемные трубы

воды на 0,7 ... 1 м с устройством отстойки. Вокруг колодца у поверхности земли устраивают глиняный замок шириной 0,7 м и глубиной 1 ... 2 м. Колодец закрывают крышкой.

Горизонтальные водозаборы представляют собой дренажи разных типов или водосборные галереи, укладываемые на подстилающем водоупоре в пределах безнапорного водоносного пласта на глубину до 8 м (см. рис. 5.7). Они могут быть устроены в виде каменно-щебеночной дрены, трубчатой дрены, водосборной галереи и водосборной штольни.

Для исключения выноса частиц грунта из водоносного пласта в водоприемной части горизонтального водозабора предусматривают обратный 2 ... 3-слойный фильтр с толщиной отдельных слоев не менее 15 см. Водозаборы устраивают перпендикулярно к направлению движения грунтового потока и с некоторым уклоном. Вода поступает из грунта в дренажные трубы через отверстия диаметром 10 ... 20 мм и стекает в водосборный колодец, расположенный в средней части галереи. Из сборного колодца вода на поверхность земли подается насосами. В случае длинных водозаборов через каждые 20 ... 50 м устраивают смотровые колодцы, которые служат для осмотра галереи, вентиляции ее, очистки водозаборов и т. д.

Суточный приток воды, поступающей в горизонтальный совершенный водозабор, можно определить по формуле Дюпюи

$$Q = kl(H^2 - h^2)/R, \quad (5.9)$$

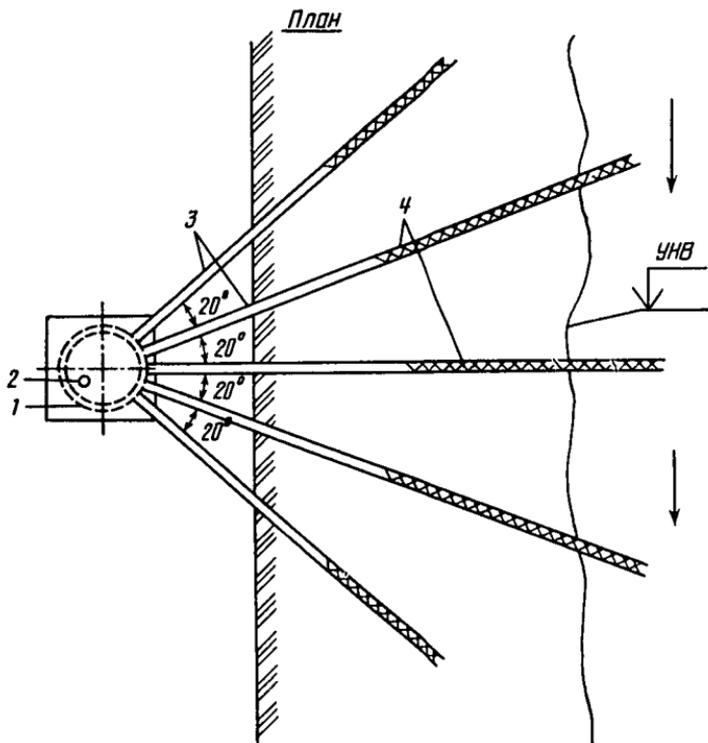


Рис. 5.8. Лучевой водозабор:

1 — водосборный колодец; 2 — погружной насос; 3 — глухая часть лучевых дрен; 4 — перфорированные стальные трубы.

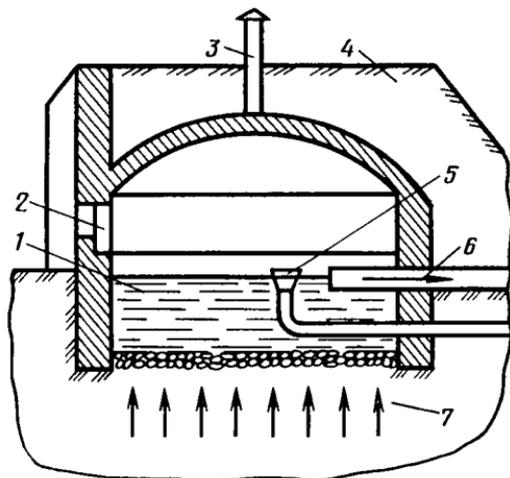
где k — коэффициент фильтрации; l — длина водосбора, м; $h = (0,15 \dots 0,3)H$; H — глубина воды у наружной стенки водозабора, м; R — зона влияния водозабора, м.

Лучевые водозаборы — это разновидность шахтных колодцев, и представляют они собой сборный колодец (шахту) с горизонтальными трубчатыми дренами (лучами), расположенными радиально в водоносном пласте (см. рис. 5.8).

Лучевые водозаборы устраиваются в водоносных пластах, кровля которых расположена от поверхности земли на глубине не более 15 ... 20 м. В неоднородных и мощных однородных водоносных пластах применяются многоярусные лучевые водозаборы с лучами, расположенными на разных отметках. Лучи длиной 60 м и более выполняются телескопической конструкции с уменьшением диаметра труб. При длине лучей меньше 30 м в однородных водоносных грунтах угол между лучами должен

Рис. 5.9. Каптаж родников:

1 — водоприемная камера; 2 — люк смотровой камеры; 3 — вентиляционная труба; 4 — глиняный замок; 5 — перелив; 6 — расходная труба; 7 — водоносный пласт.



быть не менее 30° . Водоприемные лучи выполняются из стальных перфорированных или щелевых труб со скважностью не более 20%. В водосборных колодцах на водоприемных лучах следует предусматривать установку задвижек.

Каптаж родников — процесс сбора родниковой (ключевой) воды с помощью водозаборных сооружений (см. рис. 5.9). Родники (ключи) представляют собой естественный выход подземных вод на поверхность. Высокие санитарные качества родниковой воды и простые способы ее получения (устройство резервуара или шахты над местом выхода родниковой воды) привели к широкому ее применению для целей питьевого водоснабжения не только мелких населенных пунктов, но и даже ряда крупных городов.

Основной элемент каптажного водозаборного сооружения — каптажная камера (водосборная камера или неглубокий опускной колодец). Забор воды из восходящего родника осуществляется через дно каптажной камеры, из нисходящего — через отверстия в стенке камеры. При каптаже родников из трещиноватых пород прием воды в каптажной камере может осуществляться без фильтров, а из рыхлых пород — через обратные фильтры.

Каптажные камеры должны быть защищены от поверхностных загрязнений, промерзания и затопления поверхностными водами.

Каптажную камеру следует разделять переливной стенкой на два отделения: одно — для отстаивания воды с последующей очисткой его от осадка, второе — для забора воды насосами.

2.2. ВОДОПРОВОДНЫЕ НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

Насосной станцией называется комплекс гидротехнических сооружений и оборудования, предназначенный для забора воды и подачи ее в напорный резервуар или распределительную сеть.

К гидротехническим сооружениям насосной станции относятся: здание насосной станции, водоприемные колодцы с самотечными трубами, водоприемные ковши, дамбы и берегоукрепление.

В состав гидротехнического и энергетического оборудования входят: насосы и двигатели к ним, пусковая аппаратура к двигателям, всасывающие и нагнетательные трубопроводы, вспомогательное оборудование (контрольно-измерительная и предохранительная аппаратура, водомеры, вакуум-насосы и т. д.).

Водопроводные насосные станции можно классифицировать по ряду характерных признаков: по расположению в схеме водоснабжения; в зависимости от уровня воды в источнике; по степени обеспеченности подачи воды; по характеру управления.

По расположению в схеме водоснабжения водопроводные насосные станции подразделяются на станции I и II подъема. Насосные станции I подъема осуществляют забор воды из источника водоснабжения и подают ее на очистные сооружения или, если не требуется очистка воды,— непосредственно в распределительную сеть. Высота подъема на этих станциях не превышает 10 ... 15 м.

Насосные станции II подъема осуществляют подачу очищенной воды из резервуара чистой воды в водонапорную башню или в водопроводную распределительную сеть.

В зависимости от уровня воды в источнике водопроводные насосные станции подразделяются на наземные, заглубленные и шахтные (глубокие). Наземные насосные станции предназначены для забора поверхностных вод (из рек, озер, водохранилищ и т. д.). Заглубленные и глубокие насосные станции предназначены для забора подземных вод.

По степени обеспеченности подачи воды насосные станции, как и водозаборы, разделяются на три категории: I, II и III.

По характеру управления насосные станции могут быть автоматические, полуавтоматические и с ручным управлением.

Насосные станции оборудуются радиальными горизонтальными или вертикальными насосами, объемными или пропеллерными насосами и компрессорно-эрлифтными установками. В качестве привода применяются электро- или ветродвигатели, двигатели внутреннего сгорания.

Выбор типа насосов и количества рабочих агрегатов производится на основании расчетов совместной работы насосов, водоводов, сетей, регулирующих емкостей, суточного и часового графиков водопотребления, условий пожаротушения и очередности ввода в действие объекта.

При выборе типа насосов следует обеспечивать минимальную величину избыточных напоров, развиваемых насосами при всех режимах работы, за счет использования регулирующих

емкостей; регулирование частоты вращения, изменение числа и типов насосов, обточку или замену рабочих колес в соответствии с изменениями условий их работы в течение расчетного срока.

Количество всасывающих линий к насосным станциям независимо от числа и групп установленных насосов, включая пожарные, должно быть не менее двух. В начале всасывающей линии обычно устанавливают обратный клапан с защитной сеткой, а в конце — вакуумметр для измерения разрежения в насосе.

Количество напорных линий от насосных станций I и II категорий должно быть не менее двух, а для насосных станций III категории допускается устройство одной напорной линии.

Диаметр труб, фасонных частей и арматуры следует принимать на основании технико-экономического расчета исходя из скорости движения воды в пределах, указанных в таблице 9.

9. Диаметр трубопроводов в зависимости от скорости движения воды

Диаметр труб, мм	Скорость движения воды в трубопроводах насосных станций, м/с	
	всасывающие	напорные
До 250	0,6...1	0,8...2
От 250 до 800	0,8...1,5	1...3
Свыше 800	1,2...2	1,5...4

Размещение насосов и оборудования в здании насосной станции зависит от характера водоисточника и насосного оборудования, от их обслуживания и эксплуатации и должно быть таким, чтобы обеспечивались надежность их действия, удобство и безопасность обслуживания.

В основном применяются следующие схемы расположения агрегатов: однорядное и двухрядное перпендикулярно к продольной оси насосной станции; однорядное параллельно продольной оси станции; двухрядное в шахматном порядке.

Производительность и напор насосной станции I подъема зависят от условий подачи воды (см. рис. 5.10).

При подаче воды в очистные сооружения производительность насосной станции I подъема определяется по формуле

$$Q = \alpha W_{\text{сут.макс}} / T, \quad (5.10)$$

где α — коэффициент, учитывающий расход воды на эксплуатационные нужды ($\alpha = 1,025 \dots 1,08$); $W_{\text{сут.макс}}$ — максимальный суточный объем воды, расходуемый на хозяйственно-питьевые нужды и пожаротушение, л/сут; T — число секунд в сутки (86 400),

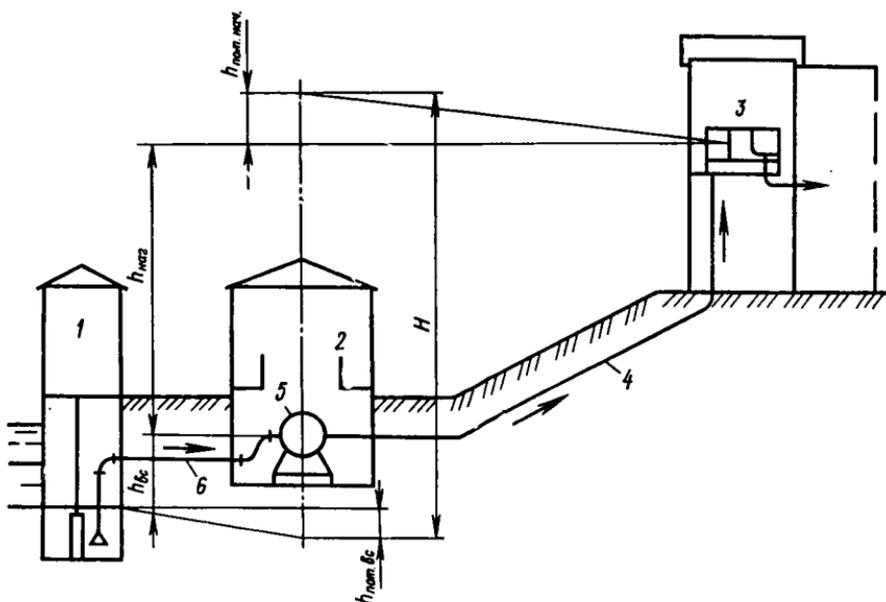


Рис. 5.10. Схема насосной станции I подъема:

1 — водоприемный колодец; 2 — насосная станция; 3 — очистные сооружения; 4 — нагнетательная труба; 5 — насос; 6 — всасывающая труба

Полный напор определится по зависимости

$$H = h_{\text{вс}} + h_{\text{наг}} + h_{\text{пот.вс}} + h_{\text{пот.наг}}, \quad (5.11)$$

где $h_{\text{вс}}$ — высота всасывания, м; $h_{\text{наг}}$ — высота нагнетания, м; $h_{\text{пот.вс}}$ — потери напора во всасывающей линии, м; $h_{\text{пот.наг}}$ — потери напора в нагнетательном трубопроводе, м.

При подаче воды в промежуточный резервуар производительность насосной станции I подъема

$$Q = W_{\text{сут.мах}}/T. \quad (5.12)$$

Производительность насосной станции II подъема определяется в зависимости от графика водопотребления. Насосы насосной станции II подъема забирают воду из резервуаров чистой воды и подают ее в напорный резервуар, создающий необходимый напор в сети.

Расположение напорного резервуара в системе водоснабжения влияет на полный напор насосной станции II подъема. Напорный резервуар может быть расположен в начале водопроводной сети и в конце ее.

В первом случае вода из резервуара чистой воды подается насосной станцией II подъема в напорный резервуар, а из ре-

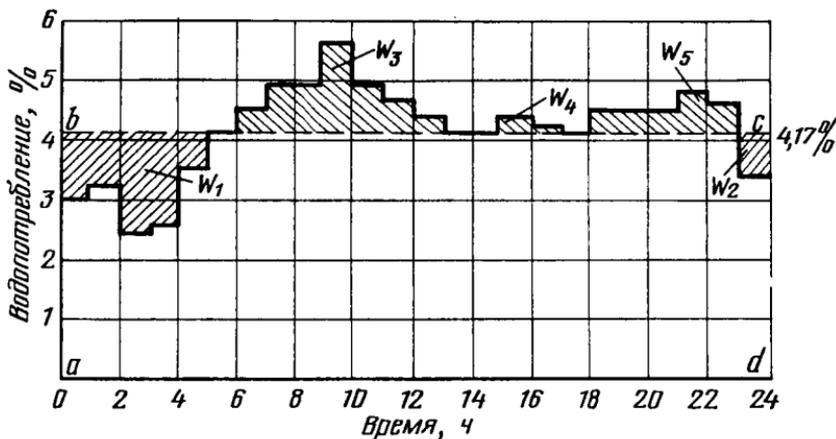


Рис. 5.11. График водопотребления

зервуара — по водопроводу в распределительную сеть. Высота нагнетания $h_{\text{наг}}$ в этом случае состоит из разности отметок основания водонапорной башни и оси насоса, высоты водонапорной башни, высоты напорного резервуара.

Во втором случае вода подается насосной станцией II подъема из резервуара чистой воды в напорный резервуар через водопроводную сеть. В этом случае полный напор насосной станции зависит от условий работы насосной станции. Если она работает с расчетной нагрузкой на водопроводную сеть, то для определения напора необходимо учесть требуемый свободный напор в диктующей точке водопроводной сети.

Если она работает с расчетной нагрузкой на напорный резервуар, то полный напор определяется по формуле (5.11).

Чтобы определить потребную производительность насосной станции II подъема в разное время суток, нужно построить график водопотребления и определить регулируемую емкость напорного резервуара. Сначала необходимо составить таблицу величин процентного отношения часовой подачи воды насосами к максимальному суточному потреблению $W_{\text{сут. макс}}$, т. е. процентное отношение часовой подачи воды насосами к максимальному суточному потреблению ($100\% : 24 = 4,17\%$). На основании данных этой таблицы (табл. 10) составим график водопотребления и работы насосов (см. рис. 5.11). Прямоугольник $a-b-c-d$ соответствует суточной производительности насосов. Площади W_1 и W_2 соответствуют излишкам воды, подаваемым насосами в напорный резервуар, а площади W_3 , W_4 , W_5 соответствуют дефициту воды, подаваемому из напорного бака в распределительную сеть. Сумма площадей, соответствующих подаче воды в напорный резервуар $W_1 + W_2$ или

10. Водопотребление в течение суток

Часы суток	Суточное потребление					Примечание
	Потребление воды из сети, %	Подача воды насосами, %	Поступление воды в резервуар, %	Расход воды из резервуара, %	Остаток воды в резервуаре, %	
0—1	3	4,17	1,17	—	2,03	
1—2	3,2	4,17	0,97	—	3	
2—3	2,5	4,17	1,67	—	4,67	
3—4	2,6	4,17	1,57	—	6,24	
4—5	3,5	4,17	0,67	—	6,91	
5—6	4,1	4,17	0,07	—	6,98	
6—7	4,5	4,17	—	0,33	6,65	
7—8	4,9	4,17	—	0,73	5,92	Полный резервуар
8—9	4,9	4,17	—	0,73	5,19	
9—10	5,6	4,17	—	1,43	3,76	
10—11	4,9	4,17	—	0,73	3,03	
11—12	4,7	4,17	—	0,53	2,5	
12—13	4,4	4,17	—	0,23	2,27	
13—14	4,1	4,17	0,07	—	2,34	
14—15	4,1	4,17	0,07	—	2,41	
15—16	4,4	4,17	—	0,23	2,18	
16—17	4,3	4,16	—	0,14	2,04	
17—18	4,1	4,16	0,06	—	2,1	
18—19	4,5	4,16	—	0,34	1,76	
19—20	4,5	4,16	—	0,34	1,42	
20—21	4,5	4,16	—	0,34	1,08	
21—22	4,8	4,16	—	0,64	0,44	
22—23	4,6	4,16	—	0,44	0	Пустой резервуар
23—24	3,3	4,16	0,86	—	0,86	
	100	100	7,18	7,18	—	

подаче воды из резервуара $W_3 + W_4 + W_5$, равна его регулирующей емкости $W_{\text{пер}}$:

$$W_{\text{пер}} = 7,18 W_{\text{сут.макс}} / 100. \quad (5.12)$$

Производительность насосной станции определяется по зависимости

$$Q_{\text{н.ст}} = 4,17 W_{\text{сут.макс}} / 100. \quad (5.13)$$

2.3. НАПОРНО-РЕГУЛИРУЮЩИЕ СООРУЖЕНИЯ

Напорно-регулирующие сооружения обеспечивают более равномерную работу насосных станций за счет аккумулялирующих емкостей, повышают надежность системы водоснабже-

ния и способствуют обеспечению бесперебойной ее работы. Они позволяют уменьшить диаметр и стоимость водоводов и магистралей распределительной сети.

Напорно-регулирующие сооружения классифицируют по ряду характерных признаков:

по назначению — регулирующие, запасные и запасно-регулирующие;

по конструкции — водонапорные башни, резервуары и гидропневматические установки (воздушно-водяные);

по способу подачи воды из них в сеть: активные (напорные), обеспечивающие необходимый напор для подачи воды, и пассивные (безнапорные), из которых вода забирается насосами.

Водонапорные башни. К ним относятся напорно-регулирующие сооружения, у которых бак расположен на искусственной опоре и возвышается над поверхностью земли. Водонапорные башни устанавливают в том случае, если невозможно разместить напорный резервуар из-за топографических условий местности. Стоимость устройства водонапорной башни больше стоимости применения напорного резервуара.

В схеме водоснабжения объекта водонапорные башни могут располагаться в начале, внутри и конце распределительной сети.

Водонапорная башня состоит из бака, опорной конструкции (ствола) и шатра.

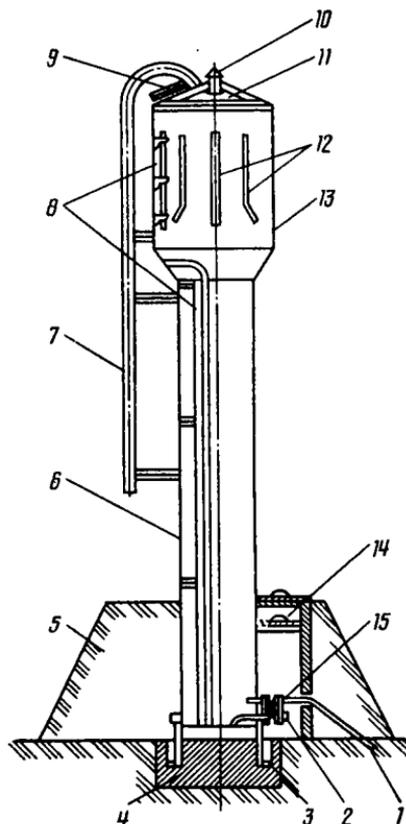
Опорная часть водонапорных башен возводится из кирпича, железобетона (чаще всего), стали, реже из камня и дерева. В зависимости от вида применяемого материала водонапорные башни называют кирпичными, железобетонными, металлическими (стальными) и т. д.

Баки водонапорных башен из железобетона или металла, иногда для временного водоснабжения — из дерева. Форма баков бывает различной. Наиболее широкое распространение получили цилиндрические баки с днищем плоской, конической, сферической и эллиптической форм. Форма бака определяется видом применяемого материала, конструкцией и архитектурными и экономическими соображениями. Оптимальное отношение высоты цилиндрической части бака к его диаметру от 0,6 до 1. При высоких баках и малых их диаметрах увеличиваются колебания напора в сети и затраты электроэнергии, хотя уменьшаются размеры опорных конструкций.

Шатер предохраняет бак от замерзания, а также от загрязнения. Его выполняют из легких материалов, обладающих малой теплопроводностью, например пенобетона, дерева, пустотелых камней, железобетона. В широтах с теплым климатом устройство шатра не обязательно.

Рис. 5.12. Водонапорная башня
А. А. Рожновского:

1 — напорно-разводная труба; 2 — сливная труба; 3 — анкерные болты; 4 — фундамент; 5 — земляная насыпь; 6 — колонна; 7 — наружная лестница; 8 — внутренняя лестница; 9 — люк; 10 — вентиляционная труба; 11 — крышка бака; 12 — льдодержатели; 13 — бак; 14 — смотровой колодец; 15 — задвижка



К баку с верхней стороны присоединяется подводный трубопровод, а в центральной части — отводящий трубопровод. Подводящий и отводящий трубопроводы связаны между собой ответвлением и задвижками, с помощью которых можно подавать воду от насосной станции в бак и непосредственно в сеть, минуя напорный бак. Для опорожнения и промывки бака предусматривается обычно специальная труба с задвижкой, присоединенная одним концом ко дну бака, а другим — к переливной трубе с воронкой. Есть и другие схемы подачи и отвода воды в водонапорных башнях.

Получили распространение стальные башни А. А. Рожновского (см. рис. 5.12). Промыш-

ленность освоила их серийное производство.

Резервуары. В системах водоснабжения применяют напорно-регулирующие резервуары, которые классифицируют по ряду характерных признаков (см. рис. 5.13):

по назначению — запасные, регулирующие, запасно-регулирующие;

по высоте расположения — напорные и безнапорные;

по форме в плане — круглые и прямоугольные;

по степени заглубления — незаглубленные, полузаглубленные и заглубленные;

по виду материала — железобетонные, металлические (стальные), бетонные, каменные.

Надежность работы водоснабжения обеспечивают запасные резервуары. Для более равномерной работы насосных станций устраивают регулирующие резервуары. Иногда функции тех и других выполняют запасно-регулирующие резервуары.

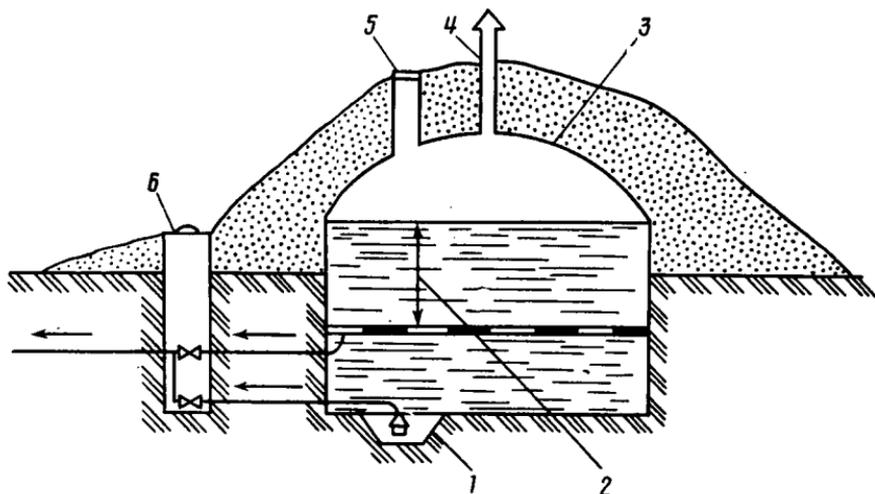


Рис. 5.13. Подземный резервуар:

1 — приямок; 2 — регулирующая емкость; 3 — резервуар; 4 — вентиляционная труба; 5 — лаз; 6 — смотровой колодец

Для создания требуемого свободного напора в водопроводной сети с учетом рельефа местности применяют напорные резервуары, а безнапорные резервуары используют при насосных станциях.

Для лучшей теплоизоляции и увеличения прочности основания резервуары чаще всего делают подземными, т. е. частично или полностью заглубленными в землю. Сравнительно редко напорные резервуары строят наземными, т. е. незаглубленными. Наиболее широкое применение в мировой практике водопроводного строительства нашли резервуары из монолитного и сборного железобетона.

Формы и конструкции резервуаров весьма различны. При емкости резервуара до 3000 м³ воды строятся резервуары обычно из железобетона круглой формы в плане, при емкости резервуара больше 3000 м³ — из железобетона прямоугольной формы в плане.

Для подачи и отвода воды резервуары оборудуют трубопроводами, а также переливными и сливными трубами. В безнапорных резервуарах при насосных станциях вместо отводящих труб предусматривают всасывающие трубы насосов. Вся водопроводная арматура для управления резервуарами располагается за их пределами в специальной рядом расположенной камере. Иногда задвижки помещают в насосной станции или в отдельных колодцах.

Вместимость резервуара чистой воды складывается из регулирующего, противопожарного и объема воды, необходимого для собственных нужд водоочистительного комплекса.

Гидропневматические установки применяются для регулирования подачи воды в зданиях, а также вместо водонапорных башен. Установка представляет собой воздушно-водяной котел, заполненный в нижней части регулирующим объемом воды, а в верхней — сжатым воздухом. Требуемый напор воды создается давлением сжатого воздуха. Причем давление воздуха при нижнем положении уровня воды в котле должно быть эквивалентным высоте водонапорной башни, т. е. воздушно-водяной котел будет создавать тот же напор в сети, что и водонапорная башня.

Гидропневматические установки находят довольно широкое применение при водоснабжении животноводческих ферм и отдельных зданий в небольших водопроводах.

2.4. ВОДОПРОВОДНЫЕ СЕТИ

Общие сведения и классификация. Водопроводная сеть — один из основных, дорогостоящих и весьма ответственных элементов системы водоснабжения и представляет собой совокупность водопроводных линий (трубопроводов) для подачи воды к местам потребления.

Водопроводная сеть состоит из водоводов, магистральной сети и распределительных трубопроводов. Водоводы прокладывают для транспортирования воды от источника водоснабжения к очистным сооружениям и от резервуаров чистой воды к магистральной сети. Согласно СНиП водоводы укладывают не менее чем в две параллельные линии с расстоянием между ними от 10 до 100 м с пропускной способностью каждой из них не менее 70% расчетного расхода системы водоснабжения.

Магистральная сеть служит для транзитного транспортирования воды, а распределительная — для передачи воды из магистральной сети к потребителям.

Для управления движением воды и обеспечения надежности работы водопроводной сети в ней применяют различную водопроводную арматуру: запорно-регулирующую (задвижки, затворы, вентили), предохранительную (предохранительные клапаны, компенсаторы, монтажные вставки, воздушные вантузы и т. д.) и водоразборную (уличные водоразборные колонки и пожарные гидранты). Для изменения направления и диаметра трубопровода и устройства ответвлений применяют фасонные части.

Трубопроводы или их участки подразделяются по степени ответственности на три класса:

1-й класс — трубопроводы для объектов первой категории обеспеченности подачи воды, а также участки трубопроводов в зонах перехода через водные преграды и овраги, железные и автомобильные дороги первой и второй категорий и в местах, труднодоступных для устранения возможных повреждений объектов второй и третьей категорий обеспеченности подачи воды;

2-й класс — трубопроводы для объектов второй категории обеспеченности подачи воды (за исключением участков первого класса), а также участки трубопроводов, прокладываемые под усовершенствованными покрытиями автомобильных дорог для объектов третьей категории обеспеченности подачи воды;

3-й класс — все остальные участки трубопроводов объектов третьей категории обеспеченности подачи воды.

По начертанию в плане распределительную сеть разделяют на тупиковую (разветвленную), кольцевую (замкнутую) и комбинированную.

Проектирование водопроводной сети начинают с выбора и обоснования трасс линий на плане. Водопроводные сети трассируются исходя из условий обеспечения требуемой надежности и наименьших затрат на строительство. Составление схемы водопроводной сети населенных пунктов начинают с определения мест размещения водонапорной башни или напорного резервуара. Затем на план наносят линии водопроводной сети таким образом, чтобы они были равномерно распределены по всей территории, охватывая основных водопотребителей. Основные магистральные линии соединяют перемычками обычно через каждые 500 ... 1000 м. Глубина заложения водопроводных сетей принимается из условия незамерзания их зимой и нагревания летом, т. е. минимальная глубина заложения трубопроводов (от низа труб) должна быть на 0,3—0,5 м больше расчетной глубины промерзания грунта. На территории населенных пунктов водопроводные линии располагаются по обочинам дорог, параллельно границам застройки.

Водопроводные сети прокладывают из чугунных, стальных, асбестоцементных, железобетонных, пластмассовых и других труб. Для напорных водоводов и сетей, как правило, применяются неметаллические трубы (железобетонные напорные, асбестоцементные напорные, пластмассовые и др.). Отказ от применения неметаллических труб должен быть обоснован.

Чугунные напорные трубы применяются для сетей в пределах населенных пунктов, территорий промышленных и сельскохозяйственных предприятий.

Применение стальных труб допускается: на участках с расчетным внутренним давлением более 1,5 МПа; для переходов под железными и автомобильными дорогами, через водные преграды и овраги; в местах пересечения хозяйственно-питьевого

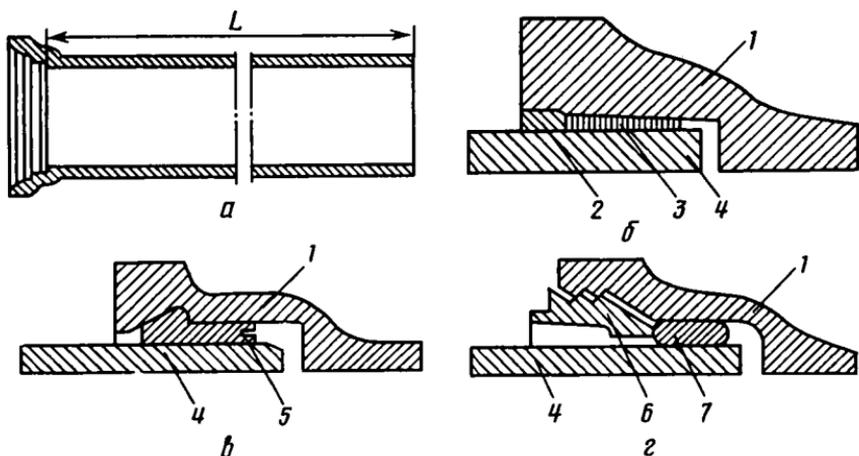


Рис. 5.14. Стыки чугунных труб:

а — общий вид; *б* — с асбестоцементной зачеканкой; *в* — с резиновым самоуплотняющимся кольцом; *г* — с резиновым уплотнительным кольцом; 1 — раструб; 2 — асбестоцементный наполнитель; 3 — жгут просмоленной пряди; 4 — гладкий конец трубы; 5 — резиновое самоуплотняющееся кольцо; 6 — упорное кольцо с резьбой; 7 — резиновое уплотнительное кольцо

водопровода с сетями канализации; при прокладке трубопроводов по автодорожным городским мостам, по опорам эстакад и в туннелях.

Чугунные трубы диаметром от 65 до 1200 мм и длиной от 2 до 7 м изготавливают из серого чугуна путем центробежного и полунепрерывного литья. Их применяют для прокладки наружных водопроводных сетей. Для предохранения от коррозии чугунные водопроводные трубы при изготовлении покрывают внутри и снаружи нефтяным битумом. Чугунные трубы соединяют между собой раструбными стыками (см. рис. 5.14). При таком соединении гладкий конец одной трубы вставляют в раструб другой, оставляя зазор 3 ... 5 мм, и заполняют образовавшееся кольцевое пространство уплотняющими материалами.

В целях обеспечения водонепроницаемости стыка сначала уплотняют раструбную щель просмоленной пеньковой прядью. Для удержания пеньковой набивки от выпирания давлением воды в оставшуюся часть раструбной щели вводят наполнитель из асбестоцемента (увлажненная смесь из 30% асбеста и 70% цемента) или пластичных материалов — свинца или алюминия.

Все шире применяют чугунные трубы с раструбными стыками на самоуплотняющихся резиновых манжетах. Резиновую кольцевую манжету вкладывают в раструб и смазывают графитно-глицериновой смазкой. Предварительно смазанный гладкий конец соединяемой трубы вводят в раструб с помощью натяж-

ного устройства или ломика. Окончательное самоуплотнение и герметизация стыка происходят под давлением воды.

Иногда применяют и другие конструкции раструбных стыков — с надвижными фланцами, с ввинчивающимися упорными кольцами.

Для осуществления на трубопроводах из чугунных труб поворотов и ответвлений при изменении диаметров труб, установке необходимой арматуры применяют специальные чугунные фасонные части (рис. 5.15 — см. форзац).

Недостатки чугунных труб — большая масса (примерно в 2—2,5 раза больше, чем стальных труб), сравнительно небольшое рабочее давление и пониженная сопротивляемость ударным нагрузкам.

Стальные трубы применяются в условиях, где требуется хорошая сопротивляемость динамическим нагрузкам и изгибающим усилиям, в водопроводных сетях, в которых внутреннее давление превышает 1,5 МПа. Стальные трубы в зависимости от их технологии изготовления бывают бесшовные и сварные. Бесшовные трубы получают путем прокатки стальных заготовок. При изготовлении сварных труб стальные полосы сворачивают в трубы и сваривают по шву. Сварные трубы дешевле бесшовных, но менее прочны.

Стальные трубы изготовляют разнообразных размеров: длина их колеблется от 2 до 12,5 м, толщина стенок — от 2,5 до 7,5 мм, внутренний диаметр — от 5 до 1400 мм. Соединяются между собой стальные трубы муфтовым, раструбным, фланцевым и сварным соединениями. Трубы малых размеров соединяются муфтами и применяют их для внутренних водопроводов.

Раструбные и фланцевые соединения по ГОСТу не предусмотрены и применяются в исключительных случаях.

Наиболее широкое применение получили сварные соединения стальных труб пяти типов (см. рис. 5.16): стыковое соединение; стыковое соединение, усиленное лепестковой муфтой; стыковое соединение с внутренними кольцами; раструбное соединение с внешней приваркой; раструбное соединение с внешней и внутренней приваркой. Стальные трубы обычно сваривают на поверхности земли и лишь иногда в траншее, по дну которой прокладывается трубопровод.

Недостаток стальных труб — это подверженность их коррозии. Коррозия металлических труб сокращает срок службы водопроводных линий до 5 ... 10 лет, служит причиной аварий и утечек и вызывает увеличение как строительных, так и эксплуатационных расходов в системах водоснабжения. При хорошей антикоррозийной изоляции срок службы стальных труб может быть от 25 до 30 лет.

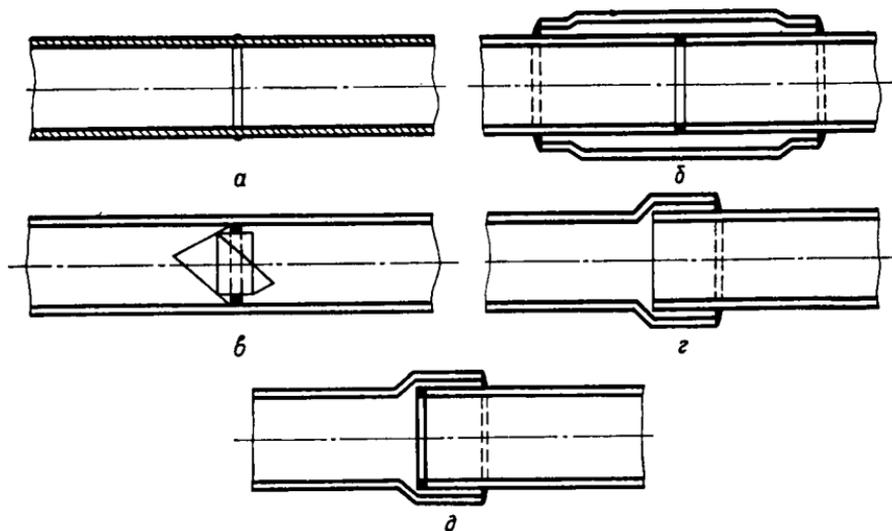


Рис. 5.16. Сварные соединения стальных труб:

а — стыковое; *б* — стыковое, усиленное лепестковой муфтой; *в* — стыковое с внутренними кольцами; *г* — раструбное с внешней приваркой; *д* — раструбное с внешней и внутренней приваркой

Применяемые методы защиты металлических труб (стальных и чугуновых) разделяют на пассивные и активные. При пассивных методах защиты металлических труб широко применяют нефтяные битумы с добавлением к ним измельченных наполнителей (цемента, асбеста и т. д.), повышающих прочность изолирующего материала.

При активных методах защиты металлических труб используют катодную и протекторную защиту, а также электрический дренаж.

Получили распространение трубы с внутренней и наружной пластмассовой и эмалевой облицовкой с повышенной пропускной способностью и долговечностью.

Асбестоцементные трубы изготавливают заводским способом из асбестоцементной массы (асбеста 20 ... 25%, цемента 75 ... 80%) трех классов: ВТ-6, ВТ-9, ВТ-12 — соответственно с максимальным внутренним давлением 0,60; 0,9 и 1,2 МПа. Асбестоцементные трубы всех классов имеют внутренний диаметр от 100 до 500 мм, изготавливаются длиной 3 ... 4 м. С тем чтобы можно было использовать чугуновые фасонные части для монтажа узлов асбестоцементных трубопроводов, наружный диаметр концов асбестоцементных труб обтачивают до диаметра чугуновых водопроводных труб. Асбестоцементные трубы стыкуют с помощью соединительных муфт. Герметичность стыка достигает-

ся применением специальных резиновых колец, зажимаемых между трубой и муфтой. Устройство жестких стыков для этих труб не допускается, так как это может привести к авариям.

Асбестоцементные трубы обладают следующими достоинствами: легкость и невысокая стоимость (они в 2 раза дешевле чугунных и в 1,5 раза — стальных), устойчивость против коррозии, небольшие гидравлические сопротивления, меньшая опасность замерзания воды в них ввиду слабой теплопроводности асбестоцемента и простота обработки.

Основной недостаток асбестоцементных труб — слабая сопротивляемость ударным нагрузкам. Поэтому они требуют бережного отношения при изготовлении, транспортировке и укладке.

Железобетонные трубы изготавливают методом виброгидропрессования и методом центрифугирования, диаметром от 500 до 1600 мм, длиной 5 м и толщиной стенок от 40 до 150 мм, трех классов. Трубы первого класса рассчитаны на внутреннее давление воды 1,5 МПа, второго класса — 1 МПа, третьего класса — 0,5 МПа. Железобетонные трубы бывают двух основных видов: с каркасом из тонкой листовой стали толщиной 0,5 ... 4 мм и с каркасом из продольной и поперечной спиральной предварительно-напряженной арматуры. Трубы изготавливают с раструбами с гладкими концами. Трубы с гладкими концами соединяются с помощью муфт. Однако раструбное соединение с резиновым кольцом — основной тип соединения железобетонных труб. При установке арматуры на железобетонных трубах применяют чугунные и сварные стальные фасонные части.

Железобетонные трубы обладают рядом достоинств, к которым можно отнести малый расход металла, долговечность, высокую коррозионную устойчивость. Они обладают диэлектрическими свойствами и постоянной пропускной способностью. К недостаткам следует отнести их большую массу.

Пластмассовые трубы изготавливают из полиэтилена и винилпласта (поливинилхлорида — ПВХ), т. к. эти пластмассы не влияют на качество воды, обладают водостойкостью, имеют высокую механическую прочность, термопластичны и поддаются сварке.

Пластмассовые трубы выпускают из полиэтилена низкой плотности (ПНП) и высокой плотности (ПВП) четырех типов: 0,25 МПа — легкий тип; 0,4 МПа — среднелегкий тип; 0,6 МПа — средний тип; 1 МПа — тяжелый тип. Трубы выпускают диаметром от 20 до 600 мм, длиной 5,5 ... 12 м. Трубы диаметром до 50 мм выпускают в бухтах длиной 150 ... 200 м.

Пластмассовые трубы между собой могут быть соединены сварными, клеевыми, раструбными, резьбовыми и фланцевыми стыками.

Пластмассовые трубы имеют ряд преимуществ перед металлическими: небольшая масса (в 14 раз легче металлических), коррозионно-стойкость, низкая теплопроводность и большая химическая стойкость, легко обрабатываются и стыкуются, обладают гибкостью и пластичностью, что позволяет укладывать их на закруглениях, в просадочных грунтах. Пластмассовые трубы не боятся блуждающих электротоков.

К недостаткам пластмассовых труб следует отнести: высокий коэффициент линейного расширения, при нагревании пластмассовых труб прочность их резко падает, поэтому их нельзя применять в оборотных системах водоснабжения для обратных линий (с нагретой водой), прокладывать в помещениях с высокой температурой и т. д.

Применение пластмассовых труб для сооружения водоводов с каждым годом увеличивается.

Эксплуатация водопроводной сети заключается в работах по профилактике и ремонту сети.

Профилактические работы заключаются в систематическом осмотре трассы водопроводных линий, колодцев, смонтированных в них узлов, водопроводной арматуры, пожарных гидрантов и водоразборных колонок с целью обнаружения дефектов и утечек (контрольный осмотр водомерных узлов, проверка утепления трубопровода и арматуры, очистка люков колодцев от снега и льда и т. д.).

Ремонтные работы подразделяются на плановые (предупредительные), текущие и аварийные. Плановым ремонтом обеспечивается предотвращение повреждений, вызываемых естественным износом арматуры колодцев и других частей сети. Сроки его проведения определяются износоустойчивостью и состоянием отдельных элементов сети. При текущем ремонте устраняют повреждения, происходящие в процессе эксплуатации. Ликвидация последствий аварий на сети в экстренном порядке осуществляется аварийными ремонтами. Причинами аварий могут быть такие явления, как гидравлический удар, температурные деформации и случайные механические повреждения. Опыт показывает, что наибольший процент повреждений приходится на стыки. В стальных трубах большое число повреждений обусловливается коррозией металла.

2.5. СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ ПОДЪЕМА ВОДЫ

Водоструйные установки применяют трех видов: гидроэлеваторы, в которых рабочая среда — вода; эжекторы,

в которых подъем жидкости происходит за счет энергии газа, выходящего из насадка, и инжекторы, в которых подъем жидкости происходит под давлением пара. Водоструйная установка состоит из центробежного насоса и струйного аппарата (см. рис. 5.17). Струйный аппарат состоит из сопла, камеры смешения, диффузора и приемной камеры (см. рис. 5.18). Принцип работы гидроэлеватора основан на увеличении всасывающей способности центробежного насоса за счет действия струйного аппарата. Вода с помощью центробежного насоса подается к соплу струйного аппарата, из которого она выходит с большой скоростью, образуя зону пониженного давления (разрежение), благодаря чему вода с расходом Q_0 по всасывающей трубе поднимается в камеру смешения и подходит к диффузору, где происходит турбулентное смешение потоков $Q_2 = Q_1 + Q_0$. Поднятая вода уносится рабочей струей в напорную трубу. Выходя из центробежного насоса, вода разделяется на две части: одна часть идет на работу струйного аппарата, другая — потребителю. Таким образом, часть воды постоянно циркулирует и процесс подъема воды осуществляется непрерывно.

Обычно объем рабочей жидкости в 1,5 ... 3 раза больше объема постоянно перекачиваемой жидкости. Центробежные насосы, применяемые в водоструйных установках, конструктивно не отличаются от серийных насосов.

Гидравлический расчет водоструйных установок заключается в определении такого режима работы, при котором достигается согласованность в работе центробежного насоса и водоструйной установки по расходам и напорам и обеспечивается устойчивый режим работы установки при подаче расчетного расхода потребителю. Водоструйные установки выбирают по паспортным данным: Q, H, N и η .

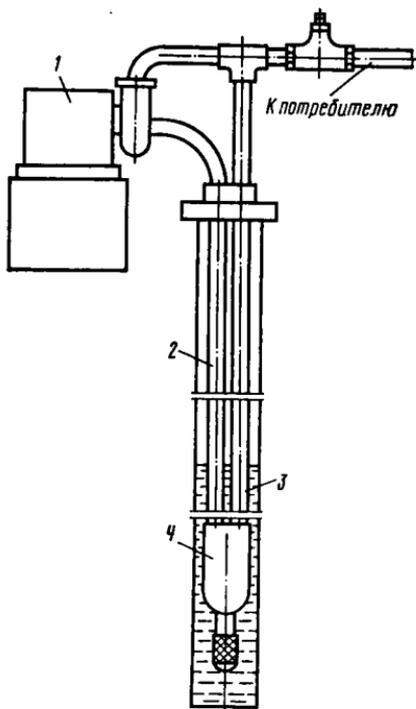


Рис. 5.17. Водоструйная установка:

1 — центробежный насос; 2 — водоподъемная труба; 3 — напорная труба; 4 — струйный аппарат

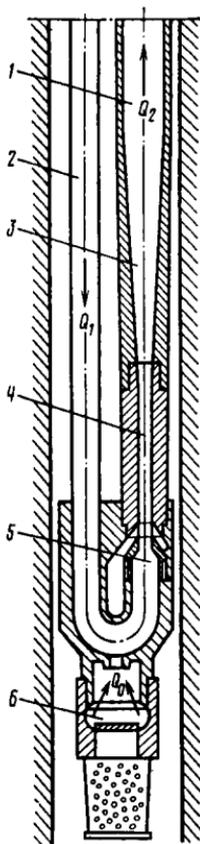
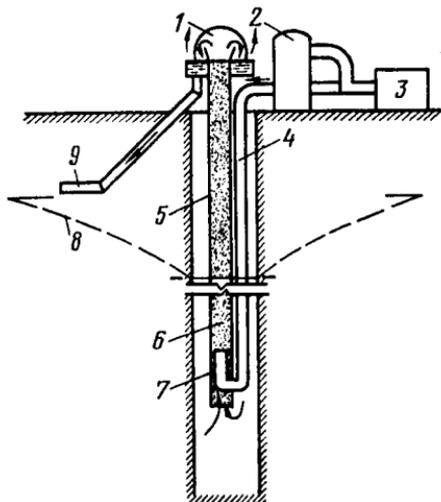


Рис. 5.18. Струйный аппарат:

1 — водоподъемная труба; 2 — напорная труба; 3 — диффузор; 4 — камера смешения; 5 — сопло; 6 — обратный клапан

Рис. 5.19. Эрлифт:

1 — приемный бак с отражателем; 2 — ресивер; 3 — компрессор; 4 и 5 — соответственно воздушная и водоподъемная трубы; 6 — водо-воздушная эмульсия; 7 — форсунка; 8 — кривая депрессии; 9 — трубопровод для отвода воды в сборный резервуар.



Водоструйные установки обладают хорошей способностью самовсасывания, высокой эксплуатационной надежностью и простотой конструкции, поэтому во многих странах мира они нашли широкое применение, хотя КПД их низкий ($\eta = 0,15 \dots 0,3$).

Эрлифты применяют для подъема воды из неглубоких трубчатых и шахтных колодцев. Действие эрлифтов основано на принципе использования разности плотности воды и водо-воздушной смеси. Эрлифт состоит из двух колонн труб, которые опускаются в колодец. Одна колонна труб называется *воздушной* и предназначена для подачи воздуха от компрессора к другой — *водоподъемной* трубе. По водоподъемной трубе после смешения в форсунке воды и воздуха водо-воздушная смесь поднимается и изливается в приемный бачок (см. рис. 5.19).

Гидравлический расчет эрлифта сводится к определению глубины погружения форсунки H , расхода воздуха V , требуемого для подъема заданного расхода воды Q , необходимого

давления и мощности компрессора, обслуживающего эрлифтную установку.

Глубина погружения форсунки h_0 определяется опытным путем в зависимости от КПД эрлифта. Для определения H введем коэффициент погружения k , который характеризуется отношением глубины погружения эрлифта, считая до верха форсунки, к геодезической высоте подъема воды, считая от динамического уровня, т. е. $k=H/(H-h_0)$.

Наиболее эффективная работа эрлифта создается при значениях коэффициента нагружения k от 1,7 до 3,0. При значениях $k < 1,7$ КПД эрлифта резко падает, а при $k > 3$ резко повышается расход электроэнергии. При выборе значения k можно воспользоваться рекомендациями Я. С. Суреньянца:

h , м	До 15	15...30	30...60	60...90	90...100
η	0,59...0,57	0,57...0,54	0,54...0,50	0,5...0,41	0,41...0,4
k	3...2,5	2,5...2,2	2,2...2,0	2...1,75	1,75...1,65

После установления η и выбора k определяют расход сжатого воздуха, необходимого для подъема эрлифтом заданного расхода воды Q , м³/с:

$$V = 1,2QV_0, \quad (5.14)$$

где V_0 — удельный расход воздуха (м³), необходимый для подъема 1 м³ воды;

$$V_0 = h \left/ \left[2,3\eta \lg \frac{h(k-1) + 10}{10} \right] \right. . \quad (5.15)$$

Расчетное рабочее давление сжатого воздуха при действии эрлифта можно определить из формулы

$$p_p = H - h + \sum h_{\text{пот}}, \quad (5.16)$$

где $\sum h_{\text{пот}}$ — суммарные потери напора в воздухопроводе от компрессора до входа в эрлифт; $\sum h_{\text{пот}} \approx 5$ м.

Водо-воздуховоды эрлифтов собирают из стальных труб. Диаметр водоподъемных труб рекомендуется принимать из расчета скорости движения эмульсии у форсунки v_ϕ не менее 3 м/с по формуле

$$d_\phi = \sqrt{\frac{Q}{0,785v_\phi} \left[1 + \frac{10V_0}{h(k-1) + 10} \right]}. \quad (5.17)$$

Диаметр водоподъемной трубы эрлифта параллельной системы при изливе из расчета скорости излива $v_n = 8 \dots 10$ м/с будет:

$$d_n = \sqrt{\frac{Q}{0,785} (1 + V_0)}. \quad (5.18)$$

Диаметр воздухопровода устанавливают по скорости движения сжатого воздуха (5...10 м/с).

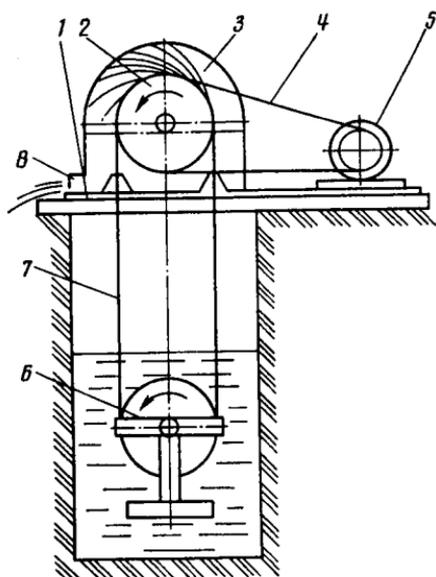


Рис. 5.20. Ленточный водоподъемник:

1 — рама; 2 — ведущий шкив; 3 — кожух;
4 — приводной ремень; 5 — двигатель; 6 —
натяжное устройство; 7 — рабочая лента;
8 — штуцер для слива воды

32×11 мм) из прорезиненных материалов или другого упругого и эластичного материала, натянутые между ведущим шкивом и роликом натяжного устройства (см. рис. 5.20). При быстром вращении лента (шнур), пробегая под водой, смачивается и захватывает воду, которая в виде пленки выносится лентой (шнуром) на поверхность. Ввиду большой скорости движения ленты (шнура) вода удерживается на ленте (шнуре) и не стекает вниз, в колодец.

При пробегании ленты по верхнему ведущему шкиву под действием центробежной силы вода отрывается от ленты (шнура) и отбрасывается в кожух водоприемника. Собранная кожухом вода стекает через слив в емкость или водопойный лоток.

Производительность ленточных (шнуровых) водоподъемников зависит от ширины ленты (вернее, от смоченного периметра), шероховатости ее поверхности и от скорости движения ленты (шнура). По В. Н. Машкову

$$Q = \chi (2,14v - 6,33k_m), \quad (5.19)$$

где χ — смоченный периметр ленты (шнура), мм; v — скорость движения ленты (шнура), м/с; k_m — коэффициент, зависящий от шероховатости ленты (шнура); $k_m = 0,37 \dots 0,68$.

Форсунка для впуска воздуха представляет собой участок трубы со сверленными отверстиями диаметром от 4 до 6 мм, причем площадь отверстий форсунки в 2...3 раза больше площади сечения воздуховода.

К достоинствам эрлифта можно отнести: простоту устройства, высокую надежность в эксплуатации, возможность подъема воды из искривленных и пескующих скважин и т. д. Недостаток эрлифтных установок — это сравнительно низкий КПД, достигающий 0,25...0,35.

Ленточные и шнуровые водоподъемники находят широкое применение для подъема воды из шахтных колодцев на пастбищах. Основным рабочим органом водоподъемников — гибкая лента, шнур (32×7 или

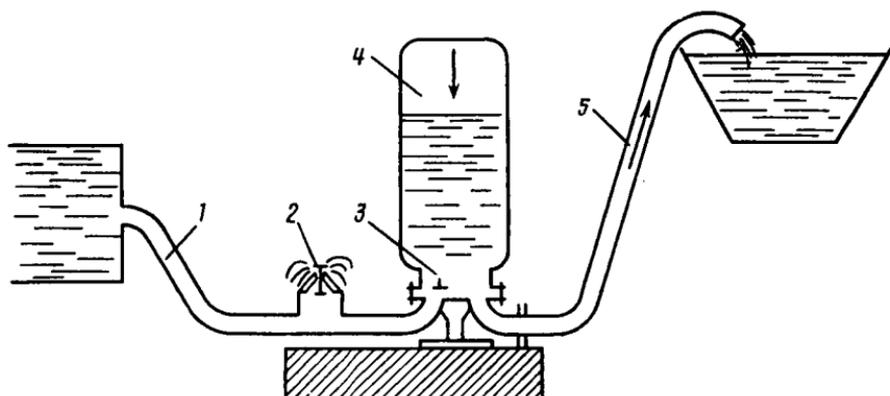


Рис. 5.21. Гидравлический таран:

1 — питательная труба; 2 — ударный клапан; 3 — нагнетательный клапан; 4 — воздушный колпак; 5 — нагнетательная труба

В зависимости от шероховатости, скорости движения ленты (шнура) и высоты подъема воды, КПД ленточного (шнурового) водоподъемника колеблется от 0,25 до 0,6.

На практике высота подъема воды ленточными (шнуровыми) водоподъемниками не превышает 30 м.

Гидравлические тараны работают за счет энергии гидравлического удара. Они просты по конструкции и надежны в работе, поэтому широко применяются в пастбищном и полевом водоснабжении.

Гидравлический таран (см. рис. 5.21) состоит из резервуара, питающего трубопровода, рабочей камеры с ударным и нагнетательными клапанами, воздушного колпака и нагнетательного трубопровода.

Таран устанавливают на более низкой отметке, чем резервуар с водой, и длину подводящего трубопровода выбирают из того условия, чтобы в нем могла образоваться ударная волна достаточной продолжительности и силы.

Работа гидравлического тарана заключается в следующем. Когда открыт ударный клапан, вода по питательной трубе через клапан устремляется наружу с возрастающей скоростью. В тот момент, когда давление скоростного напора воды на ударный клапан превысит его массу, клапан мгновенно закрывается, возникает гидравлический удар в питающем трубопроводе, давление в камере резко возрастет. В это время открывается нагнетательный клапан, и вода под давлением положительной волны гидравлического удара устремляется в воздушный колпак и в нагнетательный трубопровод. Когда ударная волна перейдет в

отрицательную фазу, давление в камере упадет, нагнетательный клапан закроется, а ударный клапан под действием собственного веса и атмосферного давления откроется. Через ударный клапан вода вновь будет вытекать наружу, и цикл работы гидротарана повторится.

У гидравлических таранов при оптимальных условиях работы КПД колеблется от 0,6 до 0,8.

Контрольные вопросы и задания. 1. Расскажите об особенностях сельскохозяйственного водоснабжения. 2. Какие выделяют схемы сельскохозяйственного водоснабжения? 3. Что такое норма водопотребления? 4. Какие элементы содержит система водоснабжения? 5. Как определяют расчетные расход и напор насосной станции водоснабжения? 6. Какие применяются средства водоподдачи в системах водоснабжения?