

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА «СТРОИТЕЛЬСТВО ЗДАНИЙ, ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ И
ГЕОМЕХАНИКА»

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ
по дисциплине
«Специальный раздел по строительству шахтной поверхности»

УТВЕРЖДЕНО
на заседании кафедры строительства
зданий, подземных сооружений и
геомеханики
Протокол № 1 от 31.08.2023

Донецк
2023

Составитель:

Лабинский Константин Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры строительства зданий, подземных сооружений и геомеханики.

Конспект лекций по дисциплине «Специальный раздел по строительству шахтной поверхности» [Электронный ресурс]/ ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. строительства зданий, подземных сооружений и геомеханики; сост.К.Н. Лабинский. – Электрон. дан. (1 файл: 19,0 Мб). – Донецк:ДОННТУ, 2023. – 248 с. – Систем. требования: Acrobat Reader.

Приведено содержание всех лекций по дисциплине «Специальный раздел по строительству шахтной поверхности», 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

Среди многих отраслей современной техники, направленных на повышение уровня жизни людей, благоустройства населенных пунктов и развития промышленности, водоснабжение занимает важное место.

Обеспечение населения чистой, доброкачественной водой имеет большое гигиеническое значение, так как предохраняет людей от различных эпидемических заболеваний, передаваемых через воду. Подача достаточного количества воды в населенный пункт позволяет поднять общий уровень его благоустройства. Для удовлетворения потребностей современных крупных городов в воде требуются громадные ее количества, измеряемые в миллионах кубических метров в сутки. Выполнение этой задачи, а также обеспечение высоких санитарных качеств питьевой воды требуют тщательного выбора природных источников, их защиты от загрязнения и надлежащей очистки воды на водопроводных сооружениях.

Производственные процессы на промышленных предприятиях также сопровождаются большим расходом воды. При этом предприятия отдельных отраслей промышленности и энергохозяйства потребляют количество воды, нередко значительно превосходящее коммунальное водопотребление крупных городов. Некоторые промышленные предприятия предъявляют к качеству потребляемой воды специфические требования, иногда весьма высокие. От количества и качества используемой воды и организации водоснабжения промышленного предприятия в значительной мере зависят качество и себестоимость выпускаемой продукции. Таким образом, правильная организация водоснабжения промышленных предприятий имеет большое экономическое значение.

Следует отметить, что кроме обеспечения водой населения и промышленности, осуществляемого системами водоснабжения, огромное хозяйственное значение имеет обеспечение водой сельского хозяйства для искусственного орошения земель в целях успешного выращивания сельскохозяйственных культур и получения высоких урожаев. В ряде районов такое искусственное орошение (ирригация) крайне необходимо и широко используется.

Системой водоснабжения называется комплекс сооружений, осуществляющих задачи водоснабжения, т.е. получение воды из природных источников, ее очистку, транспортирование и подачу потребителям.

Первые сведения, которые мы имеем об искусственных сооружениях для добывания воды – колодцах, относятся к III тысячелетию до н.э. В Древнем Египте уже имелись простейшие механизмы для подъема воды из колодцев – наподобие наших «журавлей». Вавилоняне владели способом подъема воды на довольно значительную высоту с помощью различных приспособлений с использованием блоков и норий. В водопроводах Египта и Вавилона для подачи

воды из резервуаров применялись гончарные, деревянные, а также металлические (свинцовые и медные) трубы. В Древнем Китае для водоснабжения использовались весьма глубокие колодцы, из которых воду доставали ведрами с помощью воротов или блоков.

В период расцвета Древней Греции и Рима существовали уже большие централизованные системы водоснабжения. Рим императорской эпохи имел несколько водопроводов. Вода подавалась к городу самотеком по каналам. При пересечении долин или оврагов каналы прокладывались по специальным мостам – акведукам. В городе вода подводилась к центральным резервуарам, откуда подавалась по трубам в императорский дворец и к домам патрициев ($\approx 75\%$), а также к общественным фонтанам и бассейнам, которыми пользовалось население ($\approx 25\%$).

Начальные сведения об устройстве централизованных городских водопроводов в других странах Европы относятся к XII в. В конце XII в. построен первый самотечный водопровод в Париже. В XIII в. начинается централизованное снабжение Лондона. К началу XV в. относятся сведения об устройстве водопроводов в немецких городах.

Зарождение и развитие мануфактур вызвало развитие и водопроводной техники. Промышленная революция XVIII в. обусловила строительство фабрично-заводских водопроводов. В то же время сброс промышленных сточных вод в открытые водоемы привел к их сильному загрязнению и поставил вопрос об изыскании источников чистой воды.

Применение паровых насосов позволило значительно увеличить дальность транспортировки воды.

Так постепенно создавались централизованные системы водоснабжения городов и промышленных предприятий.

Из древних водопроводных устройств, которые применяли народы, населявшие территорию бывшего СССР, в маловодных районах Средней Азии частично сохранились до нашего времени своеобразные сооружения для сбора грунтовых вод – кяризы (подземные галереи), в Крыму найдены вырубленные в скалах емкости для сбора атмосферных вод, в Новгороде на территории княжеской резиденции (Ярославова дворища) при раскопках обнаружен самотечный водопровод из деревянных труб, время постройки которого отнесено к концу XI – началу XII в. Имеются сведения о самотечном водопроводе из гончарных труб, построенном в Грузии в начале XIII в.

В XII-XIV вв. в ряде русских городов были построены водопроводы для крепостей. В XV в. был сооружен самотечный родниковый водопровод для Московского Кремля. В 1631 г. в Кремле был построен водопровод, который подавал воду с помощью «водовзводной машины» в водонапорную башню. Для транспортирования воды от водонапорной башни к местам потребления использовались свинцовые трубы.

В 1718 г. по приказу Петра I был сооружен водопроводный канал для Летнего сада в Петербурге. В 1721 г. сооружаются знаменитые Петергофские фонтаны, которые по своим масштабам и совершенству водопроводной техники превосходят даже столь прославленные Версальские фонтаны.

При Петре I начато также сооружение родникового водопровода в Царском селе, законченного в 1749 г. Для Царского села был построен крупный для того времени (длиной более 15 км) речной водопровод с забором воды из реки Таицы.

В 1804 г. заканчивается сооружение первого московского городского водопровода, который подавал в город самотеком грунтовую воду из села Большие Мытищи на расстояние около 16 км. До наших дней сохранился акведук мытищинского самотечного водопровода, построенный у села Ростокино для перехода долины реки Яузы.

Мытищинский водопровод в дальнейшем перестраивался и модернизировался; были построены насосные станции, самотечные водоводы заменены напорными. В 1898 г. были построены около Рижского вокзала Крестовые водонапорные башни, в которых смонтированы стальные баки вместимостью по 1875 м³ каждый, расположенные на высоте 30 м над поверхностью земли.

Сооружались водопроводы и в других городах. В течение XIX в. в России были построены еще 64 городских водопровода. В 1900 г. начал строиться с 1902 г. вступил в действие первый москворецкий водопровод с приемом воды у деревни Рублево.

В составе инженерных коммуникаций каждого населенного пункта или промышленного предприятия также имеется комплекс канализационных сетей и сооружений, с помощью которых осуществляется отведение с территории объекта отработанных вод, дальнейшее использование которых либо невозможно по техническим условиям, либо нецелесообразно по технико-экономическим показателям, а также сооружений по предварительной обработке сточных вод и извлечению из них ценных веществ и примесей.

Основными загрязнениями сточных вод являются физиологические выделения людей и животных, отходы и отбросы, получающиеся при мытье продуктов питания, кухонной посуды, стирке белья, мытье помещений и поливке улиц, а также технологические потери, отходы и отбросы на промышленных предприятиях. Бытовые и многие производственные сточные воды содержат значительные количества органических веществ, способных быстро гнить и служить питательной средой, обуславливающей возможность массового развития различных микроорганизмов, в том числе патогенных бактерий; некоторые производственные сточные воды содержат токсические примеси, оказывающие пагубное действие на людей, животных и рыб. Все это представляет серьезную угрозу для населения и требует немедленного удаления сточных вод за пределы жилой зоны и их очистки.

Под **канализацией** принято понимать комплекс санитарных мероприятий и инженерных сооружений, обеспечивающих своевременный сбор сточных вод, образующихся на территории населенных пунктов и промышленных предприятий, быстрое удаление (транспортировку) этих вод за пределы населенных пунктов, а также их очистку, обезвреживание и обеззараживание.

Задачи по удалению и ликвидации бытовых отбросов на различных этапах развития общества решались по разному.

Наиболее простым и удовлетворяющим санитарным требованиям явля-

ется удаление (отведение) сточных вод по трубопроводам за пределы населенных мест (сплавная система). Такой способ применяется с давних времен. При раскопках в Египте обнаружены каналы для сточных вод, построенные за 2500 лет до н.э. Аналогичные сооружения существовали еще раньше в Индии. В VI в. до н.э. в Риме был построен знаменитый канал «клоака максима», частично используемый в современной канализации Рима. Эти сооружения требовали значительных затрат труда и материалов и обязательного подведения воды, т.е. устройства водопроводов, поэтому их сооружали лишь для дворцов, храмов, общественных купален и т.п.

При малой плотности населения (25-50 чел./га) и отсутствии водопровода отбросы удаляли путем устройства выгребов или вывозили их ассенизационным транспортом (вывозная системы), частично отбросы использовали на приусадебных участках).

При слаборазвитой промышленности сточные воды выпускались непосредственно в водоемы, на берегах которых обычно и строились предприятия, что облегчало снабжение чистой водой и сброс сточных вод.

В эпоху феодализма и последующий период развития капитализма возросшая плотность населения и развитие промышленности привели к ухудшению санитарного состояния городов, которые буквально утопали в нечистотах. Это сильно осложнило получение в городах чистой воды. Широко распространившиеся инфекционные заболевания и участвовавшие эпидемии, опустошавшие Европу, вызвали необходимость строительства водопровода, а затем и канализации. Статистические данные показали, что после устройства водоснабжения и канализации заболеваемость и смертность населения значительно уменьшились. Особенно сильно снизилось число кишечных заболеваний.

После длительного застоя в средневековье интенсивное строительство канализации началось в Европе лишь в XIX в. Наибольший объем оно получило в Англии, которая одной из первых встала на путь промышленного развития и где быстрее всего происходил рост городов. Канализационные системы, хоть и малосовершенные, имелись в Англии в 1833 г. более чем в 50 городах. Значительно позже началось строительство канализации в Германии (Гамбург – с 1843 г., Штеттин – с 1862 г., Франкфурт-на-Майне – с 1867 г., Данциг – с 1870 г., Берлин – с 1873 г. и т.д.). К 1870 г. в Германии насчитывалось более 50 крупных городов, имевших канализацию. Медленно развивалось канализование городов Франции, хотя канализование самого Парижа было начато еще во второй половине XIV столетия. Более быстрым темпом шло строительство канализации городов США – к 1902 г. было канализовано около 1000 городов.

Строительство в городах Европы и Америки канализации, обеспечивающей лишь отведение загрязненных сточных вод и выпуск их без очистки в водоемы, очень скоро привело к резкому загрязнению последних.

Последствия этого первой ощутила Англия как в связи со значительным развитием городов, так и вследствие маловодности рек, не обеспечивающих необходимого разбавления сточных вод и самоочищения водоемов. Поэтому еще в 1861 г. в Англии был издан закон об очистке и освобождении сточных вод перед выпуском в реки от фекальных масс и гниющих веществ. Это было первым

шагом к постановке в законодательном порядке вопроса об очистке сточных вод. Затем, на основании работ специальных комиссий в 1870 и 1876 гг., были установлены нормы очистки сточных вод при выпуске их в реки в зависимости от степени разбавления.

Первые известные подземные каналы для отвода сточных вод в России были устроены еще в XIV в. (Новгород, Кремль в Москве). Однако в последующем Россия отставала в темпах и объеме канализационного строительства от других стран. В середине XVIII в. в Петербурге началось широкое применение каналов, в том числе крупных (3,8×3,6 м), для отвода атмосферных вод. В эти каналы поступали и бытовые воды. В 1832 г. протяженность водостоков Петербурга составляла уже 95 км и превышала протяженность сетей Парижа.

В Москве к 1825 г. были построены крупные Самотечный и Неглинный каналы, служившие для отвода атмосферных и сточных вод от зданий. В 1829 г. было начато строительство канализации и в г. Старая Русса. Затем канализация была построена и в ряде других городов: Феодосии (1840 г.), Одессе и Тифлисе (1874 г.), Царском Селе (1880 г.), Гатчине (1882 г.), Ростове-на-Дону и Киеве (1893 г.), Москве (1898 г.), Саратове и Севастополе (1910 г.), Харькове (1914 г.), Нижнем Новгороде (1916 г.). Уже в то время некоторые города имели достаточно совершенные очистные сооружения в виде полей орошения (Москва, Одесса, Киев).

Раздел первый

ВОДОСНАБЖЕНИЕ

Глава I

ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ

§1. Основные виды потребления воды

При проектировании системы водоснабжения любого объекта (города, района, промышленного предприятия или их комплекса) прежде всего должно быть определено, сколько воды и какого качества требуется подавать данному объекту. Для решения этой задачи необходимо с возможной полнотой учесть все категории возможных потребителей и установить их требования к количеству и качеству подаваемой им воды.

В городах водопотребление определяется по следующим категориям:

- хозяйственно-питьевое водопотребление населением с учетом нужд в воде общественных зданий;
- расход воды на поливку и мойку улиц, площадей и зеленых насаждений;
- хозяйственно-питьевое водопотребление рабочими и служащими во время пребывания их на производстве (для предприятий, не имеющих своих обособленных водопроводов);
- расход воды на производственные нужды предприятий, получающих ее из городского водопровода;
- расход воды на нужды пожаротушения.

Для промышленных объектов водопотребление определяется четырьмя последними категориями с учетом возможности повторного использования воды на технологические нужды.

Количество воды, потребляемое каждой категорией потребителей, определяется как произведение числа водопотребителей на норму водопотребления, а суточный расход всего объекта как сумма слагаемых по отдельным категориям потребителей

$$Q = \sum N_{жс} \cdot q_{жс} + \sum N_n \cdot q_n + \sum N_p \cdot q_p + \sum N_m \cdot q_m, \text{ м}^3, \quad (1.1)$$

где $N_{жс}$, N_n , N_p , N_m – число потребителей воды по категориям: население, площадь поливки, рабочие и служащие на предприятиях, единица продукции или технологических устройств;

$q_{жс}$, q_n , q_p , q_m – соответствующие этим категориям нормы водопотребления.

Расчетный расход воды на пожаротушение не входит в расчетную сумму суточного водопотребления объекта, однако его значение необходимо знать для проверки водопровода на пропуск требуемых количеств воды для тушения пожаров. Подача полного расхода воды на тушение пожара должна быть обеспечена при наибольшем расходе воды на другие нужды. При этом расходы воды на промышленном предприятии на поливку территории, прием душа, мытье полов в производственных зданиях и мойку технологического оборудования, а также на полив растений в теплицах не учитываются.

При разработке разделов водоснабжения схем использования вод, районной планировки и генеральных планов удельное среднесуточное (за год) водопотребление, включающее в себя расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды в жилых и общественных зданиях, нужды местной промышленности, поливку улиц и зеленых насаждений, допускается принимать по данным табл. 1.1. Удельное водопотребление, приведенное в табл. 1.1, допускается изменять на $\pm 10-20\%$ в зависимости от климатических и других местных условий и степени благоустройства. При отсутствии данных о развитии промышленности допускается принимать дополнительный расход на нужды предприятий, забирающих воду из сетей хозяйственно-питьевого водопровода населенного пункта, в размере до 25% расхода воды, определенного по удельному водопотреблению, приведенному в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Удельное водопотребление

Водопотребитель	Удельное среднесуточное (за год) водопотребление на одного жителя в населенных пунктах, л/сут.
Города	600
Сельские населенные пункты	150

Полное водопотребление $Q_{пол}$ кроме суточного расхода объекта Q учитывает также расход воды на собственные нужды водопровода $Q_{с.н}$ (периодическую промывку сети, фильтров, удаление осадка из резервуаров и т.п.) и определяется по формуле

$$Q_{пол} = Q + Q_{с.н} = (1 + \alpha) \cdot Q, \text{ м}^3, \quad (1.2)$$

где α – коэффициент, учитывающий потребление воды на собственные нужды водопровода. Принимается равным $\alpha = 0,05-0,10$.

§2. Расчет расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды населения

Расчет расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды населения следует начинать с анализа исходных данных на проектирование: плана объекта водоснабжения, плотности населения по районам, степени благоустройства зданий в различных районах, географического местоположения объекта, так как именно от этих данных зависят расчетное количество жителей и величина норм водопотребления. Расчетный (средний за год) суточный расход воды

$Q_{сут}$, м³/сут. на хозяйственно-питьевые нужды в населенном пункте определяется согласно СНиП 2.04.02-84 по формуле

$$Q_{сут} = \frac{q_{жс} \cdot N_{жс}}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут.}, \quad (1.3)$$

где $q_{жс}$ – удельное водопотребление, л/чел. Принимается по данным табл. 1.2. Большие значения расходов следует принимать для южных районов, а меньшие – для северных. Для сельских поселков (до 3000 жителей) рекомендуется принимать меньшее удельное водопотребление, а для населенных пунктов с числом свыше 1 млн. человек его допускается увеличивать;

$N_{жс}$ – расчетное число жителей в районах жилой застройки с различной степенью благоустройства,

$$N_{жс} = F \cdot \rho_{жс}, \text{ чел.}, \quad (1.4)$$

здесь F – площадь района жилой застройки, км²;

$\rho_{жс}$ – плотность населения района, чел./км².

Таблица 1.2

Среднесуточные нормы хозяйственно-питьевого водоснабжения

Степень благоустройства районов жилой застройки	Расход воды, л/чел.
Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией, без ванн	125-160
То же, с ванными и местными водонагревателями	160-230
То же, с централизованным горячим водоснабжением	230-350
Застройка зданиями с водопользованием из водоразборных колонок	30-50

В приведенные в табл. 1.2 нормы включены расходы воды на хозяйственно-питьевые и бытовые нужды в общественных зданиях и коммунально-бытовых предприятиях, за исключением расходов воды для домов отдыха, санаторно-туристских комплексов и пионерских лагерей, которые должны приниматься дополнительно согласно табл. 1.3, если они располагаются на территории населенного пункта.

Таблица 1.3

Нормы хозяйственно-питьевого водоснабжения для домов отдыха, санаторно-туристских комплексов и пионерских лагерей

Водопотребители	Измеритель	Норма расхода воды, л/сут.
Санатории и дома отдыха с ваннами при всех жилых комнатах	1 койка	200
То же, с душами при всех жилых комнатах	1 койка	150
Пионерские лагеря (в том числе круглогодичного действия) со столовыми, работающими на сырье и прачечными, оборудованными автоматическими стиральными машинами	1 место	200
То же, со столовыми, работающими на полуфабрикатах и стиркой белья в централизованных прачечных	1 место	55

Нормы расхода воды для домов отдыха, санаторно-туристских комплексов и пионерских лагерей, приведенные в табл. 1.3, при применении неавтоматизированных стиральных машин в прачечных допускается увеличивать до 30%.

Поскольку расход хозяйственно-питьевой воды не является постоянным и меняется в течение года, при проектировании необходимо определять также расчетные расходы воды в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления, по формулам:

$$Q_{сут. max} = K_{сут. max} \cdot Q_{сут}, \text{ м}^3/\text{сут.}; \quad (1.5)$$

$$Q_{сут. min} = K_{сут. min} \cdot Q_{сут}, \text{ м}^3/\text{сут.}, \quad (1.6)$$

где $K_{сут.}$ – коэффициенты суточной неравномерности водопотребления, учитывающие уклад жизни населения, режим работы предприятий, степень благоустройства зданий, изменения водопотребления по сезонам года и дням недели. Принимаются равными $K_{сут. max} = 1,1-1,3$; $K_{сут. min} = 0,7-0,9$.

Расчетные часовые расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды населения в часы максимального и минимального водопотребления определяются по формулам:

$$q_{ч. max} = K_{ч. max} \cdot \frac{Q_{сут. max}}{24}, \text{ м}^3/\text{ч.}; \quad (1.7)$$

$$q_{ч. min} = K_{ч. min} \cdot \frac{Q_{сут. min}}{24}, \text{ м}^3/\text{ч.}, \quad (1.8)$$

где $K_{ч.}$ – коэффициенты часовой неравномерности водопотребления, определяемые по формулам:

$$K_{ч. max} = \alpha_{max} \cdot \beta_{max}; \quad (1.9)$$

$$K_{ч. min} = \alpha_{min} \cdot \beta_{min}, \quad (1.10)$$

здесь α – коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия. Принимается равным $\alpha_{max} = 1,2-1,4$; $\alpha_{min} = 0,4-0,6$;

β – коэффициент, учитывающий количество жителей в населенном пункте. Принимается по данным табл. 1.4.

Таблица 1.4

Значения коэффициента β

Коэф- фициент	Число жителей, тыс. чел.																
	до 0,1	0,15	0,2	0,3	0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4,0	6,0	10,0	20,0	50,0	100,0	300,0	1000 и более
β_{max}	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,2	2,0	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1,0
β_{min}	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,85	1,0

§3. Расчет расхода воды на благоустройство

Расход воды на мойку улиц, проездов, площадей и поливку зеленых насаждений в городах, поселках и промышленных предприятиях определяется по формуле

$$Q_{сут} = \frac{q_n \cdot N_n}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут.}, \quad (1.11)$$

где q_n – нормы расхода воды на одну мойку или поливку, л/м². Принимается по данным табл. 1.5;

N_n – площадь улиц, проездов, площадей и зеленых насаждений, подлежащих мойке и поливке, м².

Таблица 1.5

Нормы расхода воды на благоустройство территории

Назначение воды	Измеритель	Расход воды на одну поливку, л/м ²
Механизированная мойка усовершенствованных покрытий проездов и площадей	1 мойка	1,2-1,5
Механизированная поливка усовершенствованных покрытий проездов и площадей	1 поливка	0,3-0,4
Поливка вручную (из шлангов) усовершенствованных покрытий тротуаров и проездов	1 поливка	0,4-0,5
Поливка городских зеленых насаждений	1 поливка	3,0-4,0
Поливка газонов и цветников	1 поливка	4,0-6,0
Поливка посадок в грунтовых зимних теплицах	1 сутки	15,0
Поливка посадок в стеллажных зимних и грунтовых весенних теплицах, парниках всех типов, утепленном грунте	1 сутки	6,0
Поливка посадок на приусадебных участках:		
– овощных культур	1 сутки	3,0-15,0
– плодовых деревьев	1 сутки	10,0-15,0

Количество поливок надлежит принимать 1-2 в сутки в зависимости от климатических условий. При отсутствии требуемых данных о площадях полива суммарный расход воды на поливку принимается для предварительных расчетов от 50 до 90 л/сут. на одного жителя в зависимости от климатических условий, мощности источника водоснабжения, степени благоустройства населенных пунктов и других местных условий.

§4. Расчет расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды промышленных предприятий

Для вспомогательных зданий промышленных предприятий общий расход воды допускается определять как сумму расходов воды на пользование душами и хозяйственно-питьевые нужды, принимаемых по числу водо-

потребителей в наиболее многочисленной смене.

Расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды и пользование душами на промышленных предприятиях должны определяться в соответствии с требованиями СНиП 2.04.01-85 и СНиП 2.09.02-85. При этом коэффициент часовой неравномерности водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды на промышленных предприятиях следует принимать для «горячих» цехов с тепловыделением более 80 кДж на 1 м³/ч – 2,5, а для остальных цехов – 3,0.

Для расчета расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды промышленных предприятий прежде всего должно быть установлено по каждому предприятию: количество рабочих, занятых на производстве в максимальную смену, отдельно в «горячих» цехах, и определено в зависимости от группы производственного процесса число душевых сеток, которыми пользуются рабочие в наиболее многочисленную смену. Только после этого можно приступать к расчету расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды по отдельным предприятиям по формуле

$$Q_{сут} = \frac{q_2 \cdot N_2 + q_o \cdot N_o + q_d \cdot n_{см} \cdot n_d}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут.}, \quad (1.12)$$

где q_2 – норма расхода воды на одного человека, работающего в «горячем» цехе, л/чел. Принимается равной $q_2 = 45$ л/чел.;

N_2 – количество рабочих, работающих в «горячих» цехах, чел.;

q_o – норма расхода воды на одного человека, работающего в остальных цехах, л/чел. Принимается равной $q_o = 25$ л/чел.;

N_o – количество рабочих, работающих в остальных цехах, чел.;

q_d – норма расхода воды на одну душевую сетку в смену, л/см. Принимается равной $q_d = 375$ л из расчета работы душевой сетки в течение 45 мин. после окончания смены при часовом расходе воды 500 л/ч.;

$n_{см}$ – число смен работы предприятия в сутки, см.;

n_d – число душевых сеток,

$$n_d = \frac{N_d}{N_{d1}}, \text{ шт.}, \quad (1.13)$$

здесь N_d – количество рабочих, пользующихся душем, чел.;

N_{d1} – количество рабочих, пользующихся одной душевой сеткой, чел. Принимается по данным табл. 1.6.

Таблица 1.6

Расчетное количество человек на одну душевую сетку

Группа производственных процессов	Санитарные характеристики производственных процессов	Расчетное количество человек на 1 душевую сетку	
		мужчин	женщин
I	Не вызывающие загрязнения одежды и рук	15	12
	Вызывающие загрязнения одежды и рук	7	6
II	С применением воды	5	4

	С выделением больших количеств пыли либо особо загрязняющих веществ	3	3
--	--	---	---

§5. Расчет расхода воды на технологические нужды промышленных предприятий

Расчет расхода воды на технологические нужды промышленных предприятий следует начинать с анализа характера использования воды (для вспомогательных целей или для ввода в состав продукции), а также возможных схем водоснабжения этих объектов. В результате этого анализа, основанного на специфике рассматриваемого производства, выбирается наиболее целесообразная схема водоснабжения объекта. При выборе схемы водоснабжения промышленного предприятия и расчете расхода воды следует помнить, что при прямоточной и последовательной схемах водоснабжения вся вода, как для вспомогательных целей, так и для ввода в состав продукции должна полностью постоянно заменяться свежей из водопровода, а при оборотной схеме заменяется полностью только вода, расходуемая для ввода в состав продукции и пополняется (на величину потерь) количество воды, используемой для вспомогательных целей.

Расход воды на технологические нужды промышленных предприятий следует определять как сумму расхода воды технологическим оборудованием при условии совпадения работы оборудования по времени. Нормы расхода воды для различных целей производства, а также восполнения потерь в оборотных системах должны приниматься на основании передового опыта или научно обоснованного расчета.

Для разработки прогнозов технико-экономических обоснований при проектировании схем водоснабжения промышленных узлов, экономических и административных районов, а также реконструируемых систем водоснабжения могут использоваться укрупненные нормы расхода воды на единицу продукции, принятые по данным табл. 1.7, по которым расчетный расход воды на производственные нужды предприятия определяется по формуле

$$Q_{сут} = q_m \cdot N_m, \text{ м}^3/\text{сут.}, \quad (1.14)$$

где q_m – норма расхода воды на единицу продукции, м^3 ;

N_m – объем продукции, выпускаемой предприятием в сутки.

§6. Расчет расхода воды на пожаротушение

Принцип нормирования расхода воды на пожаротушение существенно отличается от принципа нормирования рассмотренных расходов воды на другие нужды. При современных средствах пожаротушения предусматривается подача воды в виде струй, получаемых для наружного пожаротушения через пожарные краны (гидранты), установленные на наружной водопроводной сети, а для внутреннего пожаротушения – через пожарные краны, установленные на сети внутренних водопроводов. Для некоторых видов зданий

применяют противопожарные устройства в виде спринклерных и дренчерных систем, водяных завес, лафетных стволов и т.п.

Таблица 1.7

Укрупненные нормы водопотребления для строительной промышленности

№	Наименование	Единица измерения	Среднегодовой расход воды на единицу измерения, м ³				
			оборотной, повторно используемой	свежей из источника			всего
				технической	питьевой		
				для производственных целей	для хозяйственно-бытовых целей		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Камнеобрабатывающие предприятия	1000 м ² плит	5400	70	15	10	95
2	Цементные заводы с производством по «сухому» способу (сырье – известняк) с вращающимися печами размером (6,4-7,0)×95,0 м	1 т цемента	16,8	0,91	0	0,1	1,01
3	Цементные заводы с производством по «мокрому» способу (сырье – известняк) с вращающимися печами размером:						
	– 5,0×185,0 м	то же	12	1,99	0	0,1	2,09
	– 4,5×175,0 м	то же	9	1,9	0	0,09	1,99
	– 4,0×150,0 м	то же	8,5	2	0	0,1	2,1
4	Цементные заводы с производством по «мокрому» способу (сырье – мел, мергель) с вращающимися печами размером:						
	– 5,0×185,0 м	то же	10,4	1,7	0	0,08	1,78
	– 4,5×175,0 м	то же	8	1,9	0	0,107	2,007
	– 4,0×150,0 м	то же	7,3	1,9	0	0,11	2,01
5	Известковые заводы с обжигом в печах:						
	– шахтных пересыпных	1 т известности	0,013	0,198	0	0,113	0,312
	– шахтных на газе	то же	0,091	0,488	0	0,142	0,63
	– вращающихся по «сухому» способу	то же	0,35	0,144	0	0,08	0,224

	– вращающихся по «мокрому» способу	то же	0,84	1,06	0	0,093	1,153
--	------------------------------------	-------	------	------	---	-------	-------

Продолжение табл. 1.7

1	2	3	4	5	6	7	8
6	Производство известковой муки	то же	0,01	0,079	0	0,025	0,104
7	Заводы строительного гипса	1 т гипса	0,102	0,188	0	0,05	0,24
8	Производство листовых асбестоцементных изделий	1000 усл. плиток	1,47	1,49	0	0,6	2,09
9	Производство асбестоцементных труб	1 км труб усл. диаметра	42,18	43,04	0	6,45	49,49
10	Заводы изделий из автоклавного силикатного бетона производительностью:						
	– 50000 м ³ /год	1 м ³ изделий	6,5	1,4	0	0,35	1,75
	– 100000 м ³ /год	то же	5,4	1,0	0	0,25	1,25
	– 200000 м ³ /год	то же	4,8	0,8	0	0,2	1
11	Производство силикатного кирпича	1000 шт. кирпича	3,82	0,41	1,07	0,09	1,57
12	Заводы керамических плиток для облицовки:						
	– внутренней	1000 м ²	4,1	23,67	0	9,67	33,34
	– полов	то же	–	36,62	0	12,36	48,98
	– фасадов зданий	то же	1,32	48,6	0	12,93	61,53
13	Заводы керамических канализационных труб	1 км труб усл. диаметра	20,3	19,18	0	9,27	29,45
14	Заводы керамических дренажных труб	то же	1,19	2,76	0	0,59	3,35
15	Производство кирпича глиняного:						
	– полнотелого	1000000 шт. усл. кирпича	170	1240	0	304	1544
	– пустотелого	то же	190	980	0	234	1214
16	Производство керамзита пластическим способом мощностью:						
	– 100000 м ³ /год	1000 м ³	95	511	360	38	909
	– 200000 м ³ /год	то же	95	371	265	27	663
	– более 200000 м ³ /год	то же	95	411	170	27	608
17	Производство керамзита сухим способом мощностью:						
	– 100000 м ³ /год	то же	95	570	360	38	968
	– 200000 м ³ /год	то же	95	430	265	27	722

Продолжение табл. 1.7

1	2	3	4	5	6	7	8
18	Производство керамзита шликерным способом мощностью 200000 м ³ /год	то же	140	1025	214	27	1266
19	Производство рубероида	1000 м ²	–	7,6	0	0,36	7,96
20	Производство толя	то же	–	1,4	0	0,25	1,65
21	Производство изола	то же	50	8,5	0	0,4	8,9
22	Производство плит на синтетическом связующем:						
	– ПМ	1 м ²	7	1,18	0,024	0,185	1,389
	– ПЛ	то же	8	1,6	0,03	0,22	1,85
	– ПХ	то же	10	1,24	0,1	0,32	1,66
	– твердых	то же	10	1,88	0,05	0,4	2,33
23	Производство плит на битумном связующем:						
	– мягких	то же	6	0,3	0,43	0,125	0,855
	– полужестких	то же	8	0,57	0,46	0,185	1,215
	– жестких	то же	10	2,04	0,3	0,22	2,56
24	Производство плит повышенной жесткости	то же	10	1,2	0,4	0,22	1,82
25	Заводы крупнопанельного домостроения производительностью:						
	– до 35000 м ³	1 м ³ изделий	1,6	1,5	0	0,4	1,9
	– до 70000 м ³	то же	1,8	1,5	0	0,3	1,8
	– до 500000 м ³	то же	2,2	1,4	0	0,3	1,7
26	Заводы железобетонных труб производительностью:						
	– до 35000 м ³	то же	2,8	3	0	0,4	3,4
	– до 70000 м ³	то же	2,9	2,8	0	0,4	3,2
	– до 500000 м ³	то же	3	2,6	0	0,4	3
27	Заводы железобетонных конструкций производительностью:						
	– до 35000 м ³	то же	1,8	2	0	0,3	2,3
	– до 70000 м ³	то же	2	1,8	0	0,3	2,1
	– до 500000 м ³	то же	2,4	1,7	0	0,3	2
28	Заводы строительных металлоконструкций с окраской мощностью:						
	– 70000-90000 т/год	то же	2,88	0,81	0,05	0,90	1,76

– 30000-60000 т/год	то же	3,20	0,95	0,11	0,90	1,96
---------------------	-------	------	------	------	------	------

Допускается не предусматривать противопожарное водоснабжение:

- населенных пунктов с числом жителей до 50 чел. при застройке зданиями высотой до двух этажей;
- производственных зданий I и II степеней огнестойкости объемом до 1000 м³ (за исключением зданий с металлическими незащищенными или деревянными несущими конструкциями, а также с полимерным утеплителем объемом до 250 м³) с производствами категории Д;
- заводов по изготовлению железобетонных изделий и товарного бетона со зданиями I и II степеней огнестойкости, размещаемых в населенных пунктах, оборудованных сетями водопровода при условии размещения гидрантов на расстоянии не более 200 м от наиболее удаленного здания завода;
- отдельно стоящих, расположенных вне населенных пунктов, предприятий общественного питания (столовые, закусочные, кафе и т.п.) при объеме зданий до 1000 м³ и предприятий торговли при площади до 150 м² (за исключением промтоварных магазинов), а также общественных зданий I и II степеней огнестойкости объемом до 250 м³, расположенных в населенных пунктах;
- сезонных универсальных приеомзаготовительных пунктов сельскохозяйственных продуктов при объеме зданий до 1000 м³;
- зданий складов сгораемых материалов и нескораемых материалов в сгораемой упаковке площадью до 50 м².

Расчетная интенсивность подачи воды для тушения одного пожара, а также расчетное число возможных пожаров на территории города или промышленного предприятия устанавливаются СНиП 2.04.02-84 в зависимости от размеров населенных пунктов, расчетного числа жителей, огнестойкости построек, плотности и характера застройки. Противопожарные требования настоящих норм не распространяются на водопроводы предприятий, производящих, применяющих или хранящих взрывчатые вещества, склады лесных материалов вместимостью более 10000 м³, объекты нефтегазодобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, требования к пожаротушению которых установлены соответствующими нормативными документами.

Расход воды на пожаротушение складывается из суммы расхода воды на наружное пожаротушение и расхода воды на тушение пожара внутри зданий, оборудованных внутренними пожарными кранами, спринклерными и дренчерными установками, и определяется по формуле

$$Q_{\text{сут}} = Q_n + Q_{\text{вн}} = 3,6 \cdot (t_n \cdot \sum q_n + t_{\text{вн}} \cdot \sum q_{\text{вн}}), \text{ м}^3, \quad (1.15)$$

где t_n – расчетная продолжительность наружного тушения пожара, ч.
Принимается для зданий I и II степени огнестойкости с нескораемыми несущими конструкциями и утеплителем с производства-

ми категорий Г и Д равной 2 ч., для всех остальных зданий и сооружений – 3 ч.;

$\sum q_n$ – расчетный расход воды на нужды наружного пожаротушения, л/с, определяемый путем суммирования норм расхода воды на тушение расчетного количества пожаров;

$t_{вн}$ – расчетная продолжительность внутреннего тушения пожара, ч. Принимается для пожарных кранов равной 3 ч., для спринклерных или дренчерных установок – 1 ч., для спринклерных установок в зданиях спортивного назначения – 0,5 ч.;

$\sum q_{вн}$ – расчетный расход воды на нужды внутреннего пожаротушения, л/с, определяемый путем суммирования норм расхода воды на тушение расчетного количества пожаров внутри зданий, оборудованных внутренними пожарными кранами, спринклерными и дренчерными установками.

Расход воды на наружное пожаротушение (на один пожар) и количество одновременных пожаров на территории населенного пункта для расчета магистральных (расчетных кольцевых) линий водопроводной сети принимается по данным табл. 1.8. В расчетное количество одновременных пожаров в населенном пункте включены пожары на промышленных предприятиях, расположенных в пределах населенного пункта.

Таблица 1.8

Нормы расхода воды на пожаротушение и количество одновременных пожаров в населенном пункте

Число жителей в населенном пункте, тыс. чел.	Расчетное количество одновременных пожаров	Расход воды, л/с, на один пожар, независимо от огнестойкости здания, при высоте застройки	
		до двух этажей включительно	три этажа и более
до 1	1	5	10
свыше 1 до 5	1	10	10
свыше 5 до 10	1	10	15
свыше 10 до 25	2	10	15
свыше 25 до 50	2	20	25
свыше 50 до 100	2	25	35
свыше 100 до 200	3	–	40
свыше 200 до 300	3	–	55
свыше 300 до 400	3	–	70
свыше 400 до 500	3	–	80
свыше 500 до 600	3	–	85
свыше 600 до 700	3	–	90
свыше 700 до 800	3	–	95
свыше 800 до 1000	3	–	100

Расход воды на наружное пожаротушение (на один пожар) жилых и общественных зданий для расчета соединительных и распределительных ли-

ний водопроводной сети, а также водопроводной сети внутри микрорайона или квартала принимается по данным табл. 1.9 по зданиям, требующим наибольший расход воды. Расходы воды на наружное пожаротушение зданий высотой или объемом, свыше указанных в табл. 1.9, а также общественных зданий объемом свыше 25000 м³ с большим скоплением людей (зрелищные предприятия, торговые центры, универмаги и др.) следует согласовывать с территориальными органами пожарного надзора.

Таблица 1.9

Нормы расхода воды на пожаротушение на наружное пожаротушение жилых и общественных зданий

Назначение зданий	Расход воды на один пожар, л/с, на наружное пожаротушение жилых и общественных зданий объемом, тыс. м ³				
	до 1	1-5	5-25	25-50	50-150
Жилые здания односекционные и многосекционные при количестве этажей до 2	10*	10	–	–	–
То же, свыше 2 до 12	10	15	15	20	–
То же, свыше 12 до 16	–	–	20	25	–
То же, свыше 16 до 25	–	–	–	25	30
Общественные здания при количестве этажей до 2	10*	10	15	–	–
То же, свыше 2 до 6	10	15	20	25	30
То же, свыше 6 до 12	–	–	25	30	35
То же, свыше 12 до 16	–	–	–	30	35

* Для сельских населенных пунктов расход воды на один пожар – 5 л/с.

Расчетное количество одновременных пожаров на промышленном предприятии принимается в зависимости от занимаемой ими площади: один пожар при площади до 150 га, два пожара – более 150 га (1 га = 10000 м²).

При объединенном противопожарном водопроводе населенного пункта и промышленного предприятия, расположенного вне населенного пункта, расчетное количество одновременных пожаров принимается равным:

- а) при площади территории предприятия до 150 га и при числе жителей в населенном пункте до 10 тыс. чел. – один пожар (на предприятии или в населенном пункте по наибольшему расходу воды);
- б) при площади территории предприятия до 150 га и при числе жителей в населенном пункте свыше 10 до 25 тыс. чел. – два пожара (один на предприятии и один в населенном пункте);
- в) при площади территории предприятия свыше 150 га и при числе жителей в населенном пункте до 25 тыс. чел. – два пожара (два на предприятии или два в населенном пункте по наибольшему расходу воды);

- г) при числе жителей в населенном пункте более 25 тыс. чел. согласно площади предприятия и табл. 1.8, при этом расход воды следует определять как сумму большего расхода (на предприятии или в населенном пункте) и 50% меньшего расхода;
- д) при нескольких промышленных предприятиях и одном населенном пункте согласно требованиям органов Государственного пожарного надзора.

Расход воды на тушение пожаров на территории предприятий рассчитывается по зданиям, для тушения которых требуется наибольший расход воды. При ширине производственных зданий до 60 м следует пользоваться данными табл. 1.10, для зданий шириной 60 м и более – данными табл. 1.11.

Таблица 1.10

Нормы расхода воды на пожаротушение на промышленных предприятиях, при ширине зданий до 60,0 м

Степень огнестойкости зданий	Категория производства по пожарной опасности	Расход воды на наружное пожаротушение производственных зданий с фонарями, а также без фонарей шириной до 60 м на один пожар, л/с, при объемах зданий, тыс. м ³						
		до 3	3-5	5-20	20-50	50-200	200-400	400-600
I и II	Г, Д, Е	10	10	10	10	15	20	25
	А, Б, В	10	10	15	20	30	35	40
III	Г, Д	10	10	15	25	35	–	–
	В	10	15	20	30	40	–	–
IV и V	Г, Д	10	15	20	30	–	–	–
	В	15	20	25	40	–	–	–

Таблица 1.11

Нормы расхода воды на пожаротушение на промышленных предприятиях, при ширине зданий 60,0 м и более

Степень огнестойкости зданий	Категория производства по пожарной опасности	Расход воды на наружное пожаротушение производственных зданий без фонарей шириной 60 м и более на один пожар, л/с, при объемах зданий, тыс. м ³								
		до 50	50-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-700	700-800
I и II	Г, Д, Е	10	15	20	25	30	35	40	45	50
	А, Б, В	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Расход воды на наружное пожаротушение одно-двухэтажных производственных и одноэтажных складских зданий высотой от пола до низа горизонтальных несущих конструкций на опоре не более 18,0 м с несущими стальными конструкциями с пределом огнестойкости не менее 0,25 ч. и ограждающими конструкциями из стальных профилированных или асбестоцементных листов со сгораемыми или полимерными утеплителями необхо-

димо принимать на 10 л/с более указанных в табл. 1.10-1.11. Для зданий II степени огнестойкости с деревянными конструкциями расход воды на наружное пожаротушение принимается на 5 л/с больше указанного в табл. 1.10-1.11.

Расход воды на наружное пожаротушение отдельно стоящих вспомогательных зданий промышленных предприятий определяется как для общественных зданий по табл. 1.9, а встроенных в производственные здания – по общему объему по табл. 1.10.

Расход воды на наружное пожаротушение открытых площадок хранения контейнеров с грузом до 5,0 т принимается при количестве контейнеров от 30 до 50 шт. равным 15 л/с, 50-100 шт. – 20 л/с, 100-300 шт. – 25 л/с, 300-1000 шт. – 40 л/с. Расход воды на наружное пожаротушение складов лесных материалов вместимостью до 10000 м³ следует принимать по табл. 1.10, относя их к зданиям V степени огнестойкости с производством категории В.

Для жилых и общественных зданий, а также административно-бытовых зданий промышленных предприятий необходимость устройства внутреннего противопожарного водопровода, а также минимальный расход воды на пожаротушение определяется в соответствии с табл. 1.12. В помещениях залов с большим пребыванием людей при наличии сгораемой отделки число струй на внутреннее пожаротушение следует принимать на одну больше, чем указано в табл. 1.12.

Таблица 1.12

Нормы расхода воды на внутреннее пожаротушение

Жилые, общественные и административно-бытовые здания и помещения	Число струй	Минимальный расход воды на внутреннее пожаротушение, л/с, на одну струю
Жилые здания при числе этажей от 12 до 16	1	2,5
То же, при общей длине коридора свыше 10 м	2	2,5
Жилые здания при числе этажей свыше 16 до 25	2	2,5
То же, при общей длине коридора свыше 10 м	3	2,5
Здания управлений высотой от 6 до 10 этажей и объемом до 25000 м ³	1	2,5
То же, объемом свыше 25000 м ³	2	2,5
Здания управлений при числе этажей свыше 10 и объемом до 25000 м ³	2	2,5
То же, объемом свыше 25000 м ³	3	2,5
Клубы с эстрадой, театры, кинотеатры, актовые и конференц-залы, оборудованные киноаппаратурой	Согласно СНиП 2.08.02-89	
Общежития и общественные здания при числе этажей до 10 и объемом от 5000 до 25000 м ³	1	2,5
То же, объемом свыше 25000 м ³	2	2,5
Общежития и общественные здания при числе этажей свыше 10 и объемом до 25000 м ³	2	2,5
То же, объемом свыше 25000 м ³	3	2,5

Административно-бытовые здания промышленных предприятий объемом от 5000 до 25000 м ³	1	2,5
То же, объемом свыше 25000 м ³	2	2,5

* Минимальный расход воды для жилых зданий допускается принимать равным 1,5 л/с при наличии пожарных стволов, рукавов и другого оборудования диаметром 38 мм.

В зданиях культурного назначения расходы воды для внутреннего пожаротушения из пожарных кранов в соответствии со СНиП 2.08.02-89 принимаются равными:

- в зданиях кинотеатров и клубов с эстрадами при вместимости зрительного зала до 300 мест включительно – 2 струи не менее 2,5 л/с, более 300 мест – 2 струи с расходом не менее 5 л/с каждая;
- в зданиях клубов со сценами и театров независимо от вместимости – 2 струи не менее 2,5 л/с и 2 струи с расходом не менее 5 л/с каждая;

В зданиях спортивного назначения расходы воды для внутреннего пожаротушения из спринклерных установок принимаются равными 0,08 л/с на 1 м² исходя из расчета одновременного орошения площади до 120 м².

Расход воды и число струй на внутреннее пожаротушение в общественных и производственных зданиях (независимо от категории) высотой свыше 50 м и объемом до 50000 м³ следует принимать 4 струи по 5 л/с каждая; при большем объеме зданий – 8 струй по 5 л/с каждая.

Минимальный расход воды на внутреннее пожаротушение производственных и складских зданий определяется в соответствии с табл. 1.13.

Таблица 1.13

**Нормы расхода воды на внутреннее пожаротушение
в производственных и складских зданиях**

Степень огнестойкости зданий	Категория зданий по пожарной опасности	Число струй и минимальный расход воды, л/с на одну струю, на внутреннее пожаротушение в производственных и складских зданиях высотой до 50 м и объемом, тыс. м ³				
		от 0,5 до 5	свыше 5 до 50	свыше 50 до 200	свыше 200 до 400	свыше 400 до 800
I и II	А, Б, В	2-2,5	2-5	2-5	3-5	4-5
III	В	2-2,5	2-5	2-5	–	–
III	Г, Д	–	2-2,5	2-2,5	–	–
IV и V	В	2-2,5	2-5	–	–	–
IV и V	Г, Д	–	2-2,5	–	–	–

В производственных и складских зданиях, для которых в соответствии с табл. 1.13 установлена необходимость устройства внутреннего противопожарного водопровода, минимальный расход воды на внутреннее пожаротушение, определенный по табл. 1.13, увеличивается на 5 л/с (одна струя):

- при применении элементов каркаса из незащищенных стальных конструкций в зданиях IIIа и IVа степеней огнестойкости, а также из цельной или клееной древесины (в том числе подвергнутой огнезащитной обработке);
- при применении в ограждающих конструкциях зданий IVа степени ог-

нестойкости утеплителей из горючих материалов для зданий объемом до 10000 м³;

- при применении в ограждающих конструкциях зданий IVа степени огнестойкости утеплителей из горючих материалов для зданий объемом более 10000 м³ дополнительно на каждые последующие полные или неполные 100000 м³ объема.

Расход воды на внутреннее пожаротушение в зависимости от высоты компактной части струи и диаметра sprыска следует уточнять по табл. 1.14.

Таблица 1.14

Нормы расхода воды на внутреннее пожаротушение

Высота компактной части струи или помещения, м	Производительность пожарной струи, л/с				Производительность пожарной струи, л/с	Производительность пожарной струи, л/с				Производительность пожарной струи, л/с	Производительность пожарной струи, л/с		
	Напор, м, у пожарного крана с рукавами длиной, м					Напор, м, у пожарного крана с рукавами длиной, м					Напор, м, у пожарного крана с рукавами длиной, м		
	10	15	20			10	15	20			10	15	20
Диаметр sprыска наконечника пожарного ствола, мм													
13				16				19					
Пожарные краны $d = 50$ мм													
6	–	–	–	–	2,6	9,2	9,6	10	3,4	8,8	9,6	10,4	
8	–	–	–	–	2,9	12	12,5	13	4,1	12,9	13,8	14,8	
10	–	–	–	–	3,3	15,1	15,7	16,4	4,6	16	17,3	18,5	
12	2,6	20,2	20,6	21	3,7	19,2	19,6	21	5,2	20,6	22,3	24	
14	2,8	23,6	24,1	24,5	4,2	24,8	25,5	26,3	–	–	–	–	
16	3,2	31,6	32,2	32,8	4,6	29,3	30	31,8	–	–	–	–	
18	3,6	39	39,8	40,6	5,1	36	38	40	–	–	–	–	
Пожарные краны $d = 65$ мм													
6	–	–	–	–	2,6	8,8	8,9	9	3,4	7,8	8	8,3	
8	–	–	–	–	2,9	11	11,2	11,4	4,1	11,4	11,7	12,1	
10	–	–	–	–	3,3	14	14,3	14,6	4,6	14,3	14,7	15,1	
12	2,6	19,8	19,9	20,1	3,7	18	18,3	18,6	5,2	18,2	19	19,9	
14	2,8	23	23,1	23,3	4,2	23	23,3	23,5	5,7	21,8	22,4	23	
16	3,2	31	31,3	31,5	4,6	27,6	28	28,4	6,3	26,6	27,3	28	
18	3,6	38	38,3	38,5	5,1	33,8	34,2	34,6	7	32,9	33,8	34,8	
20	4	46,4	46,7	47	5,6	41,2	41,8	42,4	7,5	37,2	38,5	39,7	

Глава II

ИСТОЧНИКИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

§7. Водное законодательство

Воды являются важнейшим компонентом окружающей природной среды, возобновляемым, ограниченным и уязвимым природным ресурсом, используются и охраняются в Российской Федерации как основа жизни и деятельности народов, проживающих на ее территории, обеспечивают экономическое, социальное, экологическое благополучие населения, существование животного и растительного мира. Отношения по поводу вод регулируются «Водным кодексом Российской Федерации» от 15 ноября 1995 г. путем установления правовых основ использования и охраны водных объектов в целях: обеспечения прав граждан на чистую воду и благоприятную водную среду; поддержания оптимальных условий водопользования; качества поверхностных и подземных вод в состоянии, отвечающем санитарным и экологическим требованиям; защиты водных объектов от загрязнения, засорения и истощения; предотвращения или ликвидации вредного воздействия вод, а также сохранения биологического разнообразия водных экосистем.

В Российской Федерации установлена государственная собственность на водные объекты. Муниципальная и частная собственность допускается только на обособленные водные объекты – небольшие по площади и непроточные искусственные водоемы, не имеющие гидравлической связи с другими поверхностными водными объектами.

Использование водных объектов может осуществляться с изъятием (забор воды) либо без изъятия (сброс, использование в качестве водных путей и др.) водных ресурсов. Водопользователи обязаны:

- не допускать ухудшения качества поверхностных и подземных вод, среды обитания объектов животного и растительного мира;
- содержать в исправном состоянии очистные, гидротехнические и другие водохозяйственные сооружения и технические устройства;
- вести в установленном порядке учет забираемых, используемых и сбрасываемых вод, количества загрязняющих веществ в них, а также систематические наблюдения за водными объектами и их водоохранными зонами и представлять указанную информацию в специально уполномоченные государственные органы.

Охрана водных объектов от загрязнения осуществляется посредством регулирования деятельности как стационарных, так и других источников загрязнения. Источниками загрязнения признаются объекты, с которых осуществляется поступление в водные объекты вредных веществ, ухудшающих качество поверхностных и подземных вод, ограничивающих их использование, а также негативно влияющих на состояние дна и берегов водных объек-

ТОВ.

§8. Классификация источников водоснабжения и их краткая характеристика

В зависимости от физико-географических, гидрорежимных и других признаков в соответствии с Водным кодексом Российской Федерации все водные объекты подразделяются на:

- поверхностные водные объекты;
- внутренние морские воды;
- территориальное море Российской Федерации;
- подземные водные объекты.

Поверхностные водные объекты – постоянное или временное сосредоточение вод на поверхности суши в формах ее рельефа, имеющее границы, объем и черты водного режима. Поверхностные водные объекты состоят из поверхностных вод, дна и берегов.

Поверхностные водные объекты имеют многофункциональное значение и могут предоставляться в пользование для одной или нескольких целей одновременно. Они подразделяются на:

1. поверхностные водотоки и водохранилища на них;
2. поверхностные водоемы;
3. ледники и снежники.

Поверхностные водотоки – поверхностные водные объекты, воды которых находятся в состоянии непрерывного движения. К поверхностным водотокам относятся реки и водохранилища на них, ручьи, каналы межбассейнового перераспределения и комплексного использования водных ресурсов.

Поверхностные водоемы – поверхностные водные объекты, воды которых находятся в состоянии замедленного водообмена. К поверхностным водоемам относятся озера, водохранилища, болота и пруды.

Ледники – движущиеся естественные скопления льда атмосферного происхождения на земной поверхности. **Снежники** – неподвижные естественные скопления снега и льда, сохраняющиеся на земной поверхности в течение всего теплого времени года или его части.

К **внутренним морским водам** относятся морские воды, расположенные в сторону берега от исходных линий, принятых для отсчета ширины территориального моря Российской Федерации. К **территориальному морю Российской Федерации** относятся прибрежные морские воды шириной 12 морских миль, отмеряемых в соответствии с нормами международного права и законодательством Российской Федерации. Береговая линия внутренних морских вод и территориального моря определяется по постоянному уровню воды, а в случае периодического изменения уровня воды – по линии максимального отлива.

Подземные водные объекты – сосредоточение находящихся в гидравлической связи вод в горных породах, имеющее границы, объем и черты

водного режима.

К подземным водным объектам относятся:

1. водоносный горизонт – воды, сосредоточенные в трещинах и пустотах горных пород и находящиеся в гидравлической связи;
2. бассейн подземных вод – совокупность водоносных горизонтов, расположенных в недрах;
3. месторождение подземных вод – часть водоносного горизонта, в пределах которой имеются благоприятные условия для извлечения подземных вод;
4. естественный выход подземных вод – выход надземных вод на суше или под водой.

Все используемые для целей водоснабжения природные источники воды могут быть отнесены к двум основным группам:

- 1) поверхностные источники – реки (в естественном состоянии или зарегулированные), озера, водохранилища, моря;
- 2) подземные источники – почвенные и грунтовые воды, артезианские (межпластовые) воды и родники (ключи).

Поверхностные источники характеризуются значительными колебаниями качества воды и количества загрязнений в отдельные периоды года. Вода из поверхностного источника содержит различные примеси – минеральные и органические вещества, а также бактерии. К минеральным примесям относятся частицы песка, глины, ила, растворенные в воде соли, железо, к органическим – гниющие вещества растительного и животного мира. Санитарные качества поверхностных вод часто бывают низкими вследствие загрязнения их поверхностными стоками.

В настоящее время водоснабжение некоторых крупных промышленных предприятий осуществляется с использованием морской воды. Морская вода содержит большое количество минеральных солей, но обладает относительно невысокой карбонатной жесткостью. Такая вода с успехом используется в производственном водоснабжении для охлаждения.

Подземной является значительная часть воды, выпавшей на землю в виде осадков и просочившейся сквозь почву. Она проникает в глубь земли, растворяет отдельные породы и заполняет поры между частицами водоносных пластов и свободное пространство до водонепроницаемых грунтов: глины, гранита и мрамора. Подземные воды залегают на различной глубине. Воды подземных источников, как правило, всегда прозрачны (не содержат взвешенных веществ) и бесцветны, содержат мало органических веществ, поэтому их в большинстве случаев используют без очистки. Однако подземные источники часто сильно минерализованы и обладают значительной жесткостью.

§9. Выбор источника водоснабжения и предъявляемые к ним требования

Выбор источника является одним из наиболее ответственных моментов при проектировании систем водоснабжения самых разнообразных объектов. От типа источника в значительной степени зависят характер всей системы водоснабжения, способ водоподготовки, наличие тех или других сооружений и в конечном итоге стоимость ее строительства и эксплуатации. Надежность работы системы также во многом зависит от источника водоснабжения, обеспеченности его расходов и уровней, времени и частоты изменения основных показателей воды и т.д.

В системах водоснабжения допускается использовать одновременно несколько источников с различными гидрологическими и гидрогеологическими характеристиками. Выбор источника должен проводиться на основании топографических, гидрологических, гидрогеологических, ихтиологических, гидрохимических и других изысканий и санитарных обследований.

Выбор источника хозяйственно-питьевого водоснабжения должен производиться в соответствии с требованиями ГОСТ 17.1.3.03-77, предусматривающим максимальное использование для этой цели всех имеющихся ресурсов подземных вод, удовлетворяющих санитарно-гигиеническим требованиям. При недостаточных эксплуатационных запасах естественных подземных вод следует рассматривать возможность их увеличения за счет искусственного пополнения. При отсутствии или невозможности использования артезианских вод как вследствие недостаточного их дебита или неудовлетворительного качества, так и по технико-экономическим соображениям необходимо переходить к рассмотрению возможности использования других видов подземных вод в следующем порядке: межпластовые безнапорные, грунтовые воды, а при их отсутствии или невозможности использования, воды поверхностных источников (рек, озер, каналов, водохранилищ).

Для производственного водоснабжения промышленных предприятий следует рассматривать возможность использования очищенных сточных вод. В районах, где отсутствуют необходимые поверхностные водоисточники и имеются достаточные запасы подземных вод питьевого качества, допускается использование этих вод на производственные и поливочные нужды с разрешения органов по регулированию использования и охране вод.

При выборе в качестве источника водоснабжения поверхностных вод обеспеченность их среднемесячных расходов, а также максимальных и минимальных уровней воды должна приниматься в зависимости от категории системы водоснабжения по данным, приведенным в табл. 1.15.

При отсутствии пресных подземных и поверхностных вод для хозяйственно-питьевого и производственного водоснабжения, при соответствующей обработке воды и соблюдении санитарных требований, допускается ис-

пользование минерализованных вод и геотермальных вод.

Таблица 1.15

Обеспеченность расходов поверхностных источников

Категория системы водоснабжения	Обеспеченность минимальных среднемесячных расходов воды, %
I	95
II	90
III	85

Природный источник водоснабжения должен удовлетворять следующим основным требованиям:

- обеспечивать с наименьшей затратой средств бесперебойность снабжения водой потребителей в необходимых количествах с учетом роста водопотребления на перспективу развития объекта;
- давать воду такого качества, которое в наибольшей степени отвечает нуждам потребителей или позволяет достичь требуемого качества путем простой и дешевой ее очистки до требуемой кондиции;
- обладать такой мощностью, чтобы отбор воды из него не нарушал сложившуюся систему используемого водоема.

Вода, применяемая для хозяйственно-питьевых нужд населения, должна удовлетворять следующим санитарно-гигиеническим требованиям: быть прозрачной, невредной для здоровья, не содержать болезнетворных бактерий, не иметь запаха и привкуса.

Учитывая, что от качества воды, потребляемой в производственных процессах, нередко зависят эффективность работы предприятий, себестоимость и качество продукции, а основные показатели вод поверхностных источников изменяются в очень широких пределах, для ориентации возможного их использования может служить следующая классификация вод по их целевому назначению:

- вода, используемая в пищевой промышленности;
- вода для орошения полей и других сельскохозяйственных нужд;
- вода для паросилового хозяйства;
- вода для охлаждения производственного оборудования;
- вода для технологических целей предприятий;
- вода для заводнения нефтяных пластов.

Окончательный выбор источника водоснабжения объекта должен производиться путем сравнения основных показателей качества воды природных источников с основными требованиями к качеству воды главных групп потребителей, мощности источника, удаленности от объекта, стоимости забора воды, ее очистки и подачи водопотребителю. При этом обоснование выбора источника водоснабжения при разработке вариантов надлежит производить с учетом всех затрат на сооружение и эксплуатацию комплекса водопровода, в том числе стоимости недовыработки электроэнергии на ГЭС

из-за увеличения отбора воды для целей водоснабжения, а также стоимости строительства и эксплуатации сооружений по регулированию стока.

Однако в конкретных условиях к такому полному обоснованию всех элементов систем водоснабжения прибегают редко. Технико-экономическое обоснование выбора источника водоснабжения обязательно при следующих условиях:

- оба возможных источника поверхностные, но отличаются гидрологическими условиями в местах предполагаемого забора воды, качеством воды, удалением источника от объекта водоснабжения, высотой подъема воды и т.д.;
- один из возможных источников водоснабжения подземный, а другой – поверхностный;
- оба возможных источника водоснабжения подземные, но отличаются друг от друга гидрогеологическими и другими условиями, аналогичными условиям для поверхностных источников.

Практика показывает, что водоснабжение малых, и значительной части средних по размерам населенных пунктов экономически целесообразно устраивать с использованием подземных источников. Для водоснабжения большинства крупных городов выгоднее использовать полностью поверхностные воды (с соответствующей очисткой) или их сочетание с подземными водами.

Что касается промышленных предприятий, то многие наиболее крупные потребители воды могут использовать воду поверхностных источников без очистки (или с весьма несложной очисткой), в том числе и морскую воду. Однако в некоторых случаях для промышленных предприятий требуется вода с более глубокой очисткой, чем для хозяйственно-питьевых целей. Поэтому вопрос об источнике водоснабжения в каждом конкретном случае должен решаться с учетом местных условий, требований водопотребителя и вышеизложенных соображений.

Глава III

СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

§10. Основные элементы систем водоснабжения

Системы водоснабжения представляют собой комплекс взаимосвязанных сооружений, предназначенных для обеспечения потребностей в воде какого-либо объекта: населенного пункта, промышленного предприятия, предприятий сельского хозяйства. Системы водоснабжения, обеспечивающие водой отдельные районы или группы различных объектов, называются районными или групповыми системами водоснабжения.

В общем случае в задачи систем водоснабжения входят: получение воды из природного источника, улучшение ее качества в соответствии с требованиями потребителей, транспортирование на территорию объекта и подача ко всем заданным точкам отбора. При этом в точках отбора должны быть обеспечены заданные давления в трубах водопроводной сети.

В соответствии с перечисленными задачами системы водоснабжения в ее состав включаются следующие виды водопроводных сооружений:

1. водозаборные сооружения, осуществляющие забор воды из выбранных для данного объекта природных источников;
2. насосные станции (водоподъемные сооружения), создающие требуемые давления в водопроводных трубах для подачи заданных расходов воды на заданную высоту;
3. сооружения для очистки и обработки воды (очистные сооружения), осуществляющие улучшение качества (очистку) природной воды в соответствии с требованиями потребителя;
4. водоводы и водопроводные сети, транспортирующие воду к объектам и местам ее потребления;
5. регулирующие и запасные емкости – резервуары различных типов для хранения и аккумуляции воды.

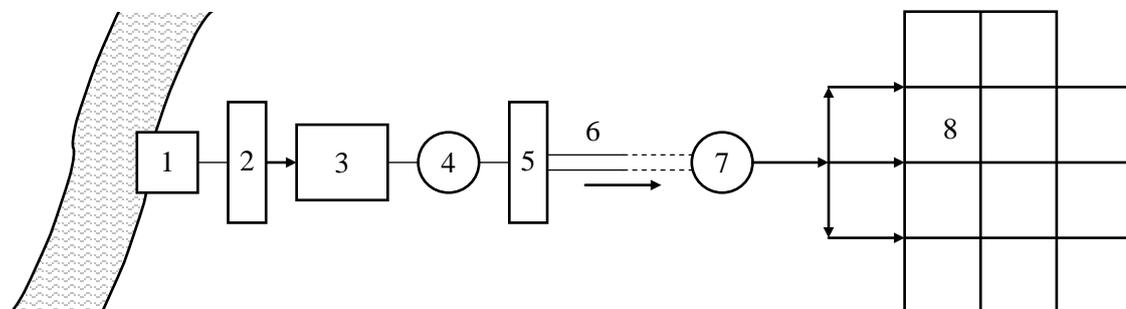


Рис. 1.1. Схема расположения основных сооружений системы водоснабжения города при использовании одного природного источника воды:
1 – водозаборное сооружение; 2 – насосная станция I подъема; 3 – очистные сооружения; 4 – сборный резервуар; 5 – насосная станция II подъема; 6 – водоводы; 7 – напорная регулирующая емкость; 8 – разводящая сеть.

На рис. 1.1 показана в качестве примера схема расположения основных сооружений системы водоснабжения города при использовании одного природного источника воды. Напорная регулирующая емкость может быть расположена в начальном или конечном узле или в каком-либо из других узлов сети, имеющем наивысшую геодезическую отметку. Когда очистные сооружения и резервуар чистой воды располагаются на достаточно высоких отметках местности, очищенная вода может подаваться объекту по водоводам самотеком, и таким образом отпадает необходимость в насосной станции II подъема. В отдельных случаях оказывается целесообразным располагать очистные сооружения и связанные с ними резервуар чистой воды и насосную станцию II подъема вблизи снабжаемого водой объекта.

Если качество воды природного источника позволяет использовать его воду без очистки, потребность в устройстве очистных сооружений отпадает, и система водоснабжения значительно упрощается. Это относится к случаям использования некоторых видов подземных вод (артезианских вод, ключей) для снабжения населенных пунктов, а также использования без очистки воды поверхностных водоемов для снабжения предприятий ряда отраслей промышленного производства, не предъявляющих высоких требований к качеству воды.

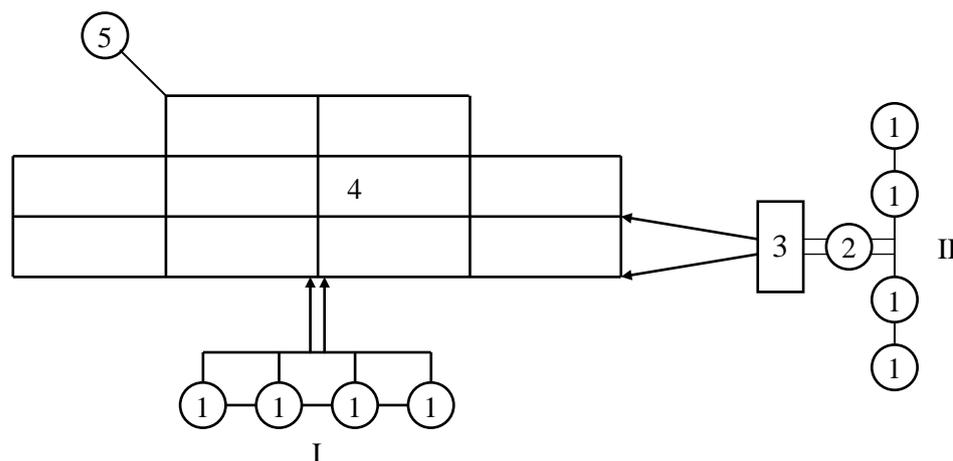


Рис. 1.2. Схема системы водоснабжения города артезианскими водами:

1 – артезианские скважины; 2 – сборный резервуар; 3 – насосная станция II подъема; 4 – разводящая сеть; 5 – напорная регулирующая емкость.

На рис. 1.2. представлена общая схема снабжения города артезианскими водами, надежно защищенными от загрязнения. Здесь артезианские скважины (буровые колодцы) расположены отдельными группами. Насосы I подъема помещаются в самих колодцах и могут подавать воду непосредственно в сеть (группа I). Иногда в такой системе водоснабжения вода из скважин подается сначала в сборный резервуар, который служит регулирующей и запасной емкостью, и оттуда перекачивается насосами станции II подъема. в сеть (группа II).

Большая часть изложенных выше соображений и рассмотренные ва-

рианты схем могут быть отнесены к водопроводам как населенных пунктов, так и промышленных предприятий. Существуют, однако, системы водоснабжения, применяемые исключительно для промышленных предприятий. К ним, в первую очередь, относятся так называемые системы оборотного водоснабжения. В ряде промышленных предприятий вода после использования ее для технических целей не загрязняется совсем или загрязняется весьма незначительно и лишь нагревается, например, вода, используемая для охлаждения производственных агрегатов, конденсации пара и др. При недостаточной мощности природного источника или большой стоимости подачи из него требуемого количества воды (например, при удаленности источника) оказывается необходимым или экономически целесообразным сбрасываемую предприятием или отдельным цехом воду охлаждать и подавать снова для использования на том же объекте. При этом из источника должно добавляться только некоторое количество «свежей» воды для восполнения потерь при обороте и охлаждении. Система оборотного водоснабжения схематически показана на рис. 1.3.

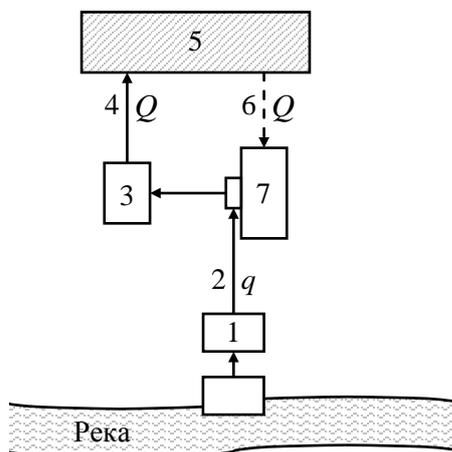


Рис. 1.3. Схема системы оборотного водоснабжения:

1 – насосная станция «свежей» воды; 2 – водоводы «свежей» воды; 3 – насосная станция оборотной воды (оборотного цикла); 4 – линии трубопроводов, подающие охлажденную воду; 5 – промышленное предприятие; 6 – линии трубопроводов, отводящие отработанную нагретую воду; 7 – водоохлаждающие устройства.

В качестве водоохлаждающих устройств применяют пруды, брызгальные бассейны и градирни. «Свежая» вода расходом q обычно подается в бассейн, в котором собирается охлажденная вода. Зачастую оборотную воду расходом Q приходится не только охлаждать, но и подвергать очистке. Системы оборотного водоснабжения применяют также, когда вода при использовании не нагревается, а загрязняется сравнительно легко удаляемыми примесями. В таких случаях для осветления воды применяют отстойники.

Иногда обратная система устраивается для производственного водоснабжения при значительном загрязнении воды в процессе производства. В этих случаях обратное водоснабжение позволяет снизить количество сбрасываемой

сываемых загрязненных и часто трудно очищаемых вод.

Когда вода, сбрасываемая одним из промышленных потребителей, может быть использована другим, устраивают так называемые системы повторного (последовательного) использования воды. Эти системы также позволяют снизить количество «свежей» воды, забираемой из источника.

§11. Классификация систем водоснабжения

Общая классификация возможных систем водоснабжения проводится по следующим признакам:

1. по видам потребителей:
 - а) системы хозяйственно-питьевого водоснабжения;
 - б) системы производственного водоснабжения;
 - в) системы противопожарного водоснабжения;
 - г) поливочные системы;
 - д) многофункциональные системы, охватывающие несколько видов потребления;
2. по видам объектов водоснабжения:
 - а) системы водоснабжения городов;
 - б) системы водоснабжения поселков;
 - в) системы водоснабжения производственных объектов;
3. по объёму снабжаемых объектов:
 - а) системы водоснабжения одного объекта;
 - б) системы водоснабжения групповые, охватывающие группу объектов, и районные – охватывающие разнородные объекты на территории района;
4. по кратности использования подаваемой воды:
 - а) системы прямоточные;
 - б) системы с оборотом воды;
 - в) системы с последовательным использованием воды на различных установках;
5. по природным источникам водоснабжения:
 - а) системы, использующие воду поверхностных;
 - б) системы, использующие подземные воды;
6. по способам подачи воды:
 - а) самотечные системы (гравитационные);
 - б) системы с механической подачей воды (нагнетание);
 - в) системы со смешанной подачей (в пределах системы).

Централизованные системы водоснабжения по степени обеспеченности подачи воды подразделяются на три категории

- I допускается снижение подачи воды на хозяйственно-питьевые нужды не более 30% расчетного расхода и на производственные нужды до пре-

дела, устанавливаемого аварийным графиком работы предприятий; длительность снижения подачи не должна превышать 3 сут. Перерыв в подаче воды или снижение подачи ниже указанного предела допускаются на время выключения поврежденных и включения резервных элементов системы (оборудования, арматуры, сооружений, трубопроводов и др.), но не более чем на 10 мин.;

II величина допускаемого снижения подачи воды та же, что при I категории; длительность снижения подачи не должна превышать 10 сут. Перерыв в подаче воды или снижение подачи ниже указанного предела допускаются на время выключения поврежденных и включения резервных элементов или проведения ремонта, но не более чем на 6 ч.;

III величина допускаемого снижения подачи воды та же, что при I категории; длительность снижения подачи не должна превышать 15 сут. Перерыв в подаче воды или снижение подачи ниже указанного предела допускается на время проведения ремонта, но не более чем на 24 ч.

Объединенные хозяйственно-питьевые и производственные водопроводы населенных пунктов при числе жителей в них более 50000 чел. следует относить к I категории; 5000-50000 чел. – ко II категории; менее 5000 чел. – к III категории. Категорию сельскохозяйственных групповых водопроводов следует принимать по населенному пункту с наибольшим числом жителей.

Категорию отдельных элементов систем водоснабжения необходимо устанавливать в зависимости от их функционального значения в общей системе водоснабжения. Элементы систем водоснабжения II категории, повреждения которых могут нарушить подачу воды на пожаротушение, должны относиться к I категории.

§12. Обоснование выбора системы водоснабжения для различных категорий потребителей

На территории большинства реальных объектов (города, поселки, промышленные предприятия) существуют одновременно различные категории водопотребителей, предъявляющих разнообразные требования к качеству и количеству потребляемой воды, к располагаемым давлениям в сети и т.п. В зависимости от назначения объекта и требований, предъявляемых потребителями к качеству воды, а также экономических условий в пределах объекта может осуществляться единая система водоснабжения для всех указанных целей – единый многоцелевой водопровод или же для отдельных (основных) категорий водопотребления могут быть устроены самостоятельные водопроводы.

Выбор системы водоснабжения следует производить на основании сопоставления возможных вариантов ее осуществления с учетом особенностей объекта или группы объектов, требуемых расходов воды на различных этапах их развития, источников водоснабжения, требований к напорам, каче-

ству воды и обеспеченности ее подачи. Сопоставлением вариантов должны быть обоснованы: источники водоснабжения и использование их для тех или иных потребителей; степень централизации системы и целесообразность выделения локальных систем водоснабжения; объединение или разделение сооружений, водоводов и сетей различного назначения; зонирование системы водоснабжения, использование регулирующих емкостей, применение станций регулирования и насосных станций подкачки; применение объединенных или локальных систем оборотного водоснабжения; использование отработанных вод одних предприятий (цехов, установок, технологических линий) для производственных нужд других предприятий (цехов, установок, технологических линий), а также для полива территории и зеленых насаждений; использование очищенных производственных и бытовых сточных вод, а также аккумулированного поверхностного стока для производственного водоснабжения, орошения и обводнения водоемов; целесообразность организации замкнутых циклов или создания замкнутых систем водопользования; очередность строительства и ввода в действие элементов системы.

В городах обычно устраивают единый хозяйственно-противопожарный водопровод, обеспечивающий:

- хозяйственно-питьевое водопотребление в жилых и общественных зданиях, нужды коммунально-бытовых предприятий;
- хозяйственно-питьевое водопотребление на предприятиях;
- производственные нужды промышленных и сельскохозяйственных предприятий, где требуется вода питьевого качества или для которых экономически нецелесообразно сооружение отдельного водопровода;
- тушение пожаров;
- собственные нужды станций водоподготовки, промывку водопроводных и канализационных сетей и т.п.

Для тех промышленных предприятий города, которые являются крупными потребителями воды и могут использовать неочищенную или малоочищенную воду, обычно устраивают самостоятельные производственные водопроводы. При выборе оптимального варианта систем производственного водоснабжения при необходимости следует рассматривать возможность и целесообразность изменений технологических процессов, при которых возрастание издержек основного производства оказывается меньше снижения приведенной стоимости систем водоснабжения и канализации. Для систем производственного водоснабжения характерные условия их работы устанавливаются в соответствии с особенностями технологии производства и обеспечения противопожарной безопасности.

Другим характерным типом реальных объектов водоснабжения являются крупные промышленные предприятия, расположенные вне городской территории. При проектировании водопровода такого промышленного предприятия необходимо учитывать расходы воды на производственные нужды предприятия, на хозяйственно-питьевые нужды рабочих во время их пребы-

вания на производстве, в том числе на прием ими душ, на поливку заводских проездов и зеленых насаждений и, наконец, на тушение пожара. Обычно при заводе имеется рабочий поселок, для которого дополнительно должен быть учтен расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения и на тушение пожара в поселке.

На промышленном предприятии могут устраиваться как объединенные, так и отдельные системы для подачи воды на производственные и хозяйственно-питьевые нужды. Обычно на территории промышленного предприятия устраивают отдельные системы водоснабжения для производственного и хозяйственно-питьевого водопотребления, подающие воду с различной степенью очистки.

Иногда система производственного водоснабжения значительно усложняется тем, что отдельные производственные потребители, входящие в состав предприятия, предъявляют существенно различные требования к качеству воды или к давлениям воды в сетях. Это вызывает необходимость устройства нескольких систем производственного водоснабжения на одном и том же предприятии. Устройство нескольких сетей разных напоров позволяет сократить общее количество энергии, расходуемой на подачу воды.

Вопросы объединения противопожарного водопровода с хозяйственно-питьевым или производственным водопроводом решаются на основе технико-экономических расчетов. Противопожарные функции чаще всего выполняются системой хозяйственно-питьевого водопровода, имеющего всегда большую разветвленность на территории предприятия. Иногда эти функции возлагаются на систему производственного водопровода, когда это допустимо по условиям снабжения водой производственных потребителей. На некоторых предприятиях приходится устраивать отдельные системы противопожарных водопроводов.

§13. Групповые и районные системы водоснабжения

Целесообразность сооружения групповых или районных систем водоснабжения возникает обычно в условиях маловодной местности при необходимости обеспечения водой ряда отдельных объектов, расположенных на территории некоторого района. При этом возможный для использования достаточно мощный природный источник воды может находиться на значительном расстоянии от района расположения потребителей. Большая стоимость устройства и эксплуатации системы подачи воды от такого источника в район потребления обуславливает целесообразность кооперации всех отдельных объектов рассматриваемого района и сооружения для них единой системы водообеспечения.

Такие районные системы водоснабжения построены и эксплуатируются для групп отдельных промышленных предприятий, групп курортных поселков, а также поселков и предприятий ряда районов сельскохозяйствен-

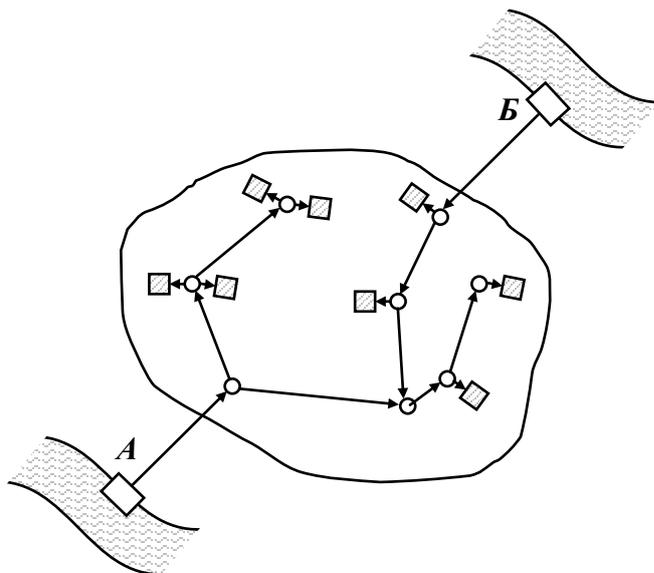


Рис. 1.4. Схема районной системы водоснабжения с двумя источниками водоснабжения

ного производства. В связи с тем что отдельные потребители воды часто располагаются на территории района на значительных расстояниях друг от друга, устройство кольцевой сети, как обычная мера обеспечения надежности водоснабжения, вызовет весьма большое удорожание системы и не может быть оправдано. В этих условиях устраиваются разветвленные системы водопроводных линий (водоводов). Для снижения высоких давлений в трубопроводах, обуславливаемых большими потерями напора ввиду их большой длины, в отдельных узлах сети устанавливают резервуары, в которые сбрасывается вода. Из этих резервуаров вода подается несколькими последовательно расположенными насосными станциями в каждый последующий участок водовода, а также в ответвления к ближайшим потребителям. Пьезометрическая линия в подобных условиях (при длинных линиях) приобретает «пилообразную форму». Наибольшее давление в линиях не должно при этом превосходить давления, допускаемого материалом используемых труб.

В отдельных узлах сети в резервуарах обеспечивается аварийный запас воды, достаточный для обеспечения ею далее расположенных потребителей на время ликвидации аварии на линии, подающей воду в эти резервуары.

При использовании двух природных источников А и Б (рис. 1.4) надежность водообеспечения существенно повышается. На рисунке стрелками указан один из возможных вариантов распределения расходов.

§14. Режим работы систем водоснабжения и их отдельных сооружений

Основным фактором, определяющим режим работы всех элементов системы водоснабжения, является режим расходования воды потребителями, которых эта система должна обслуживать.

В отличие от многих инженерных систем, рассчитываемых по заранее известным и заданным нагрузкам, системы водоснабжения должны удовлетворять фактическим требованиям потребителей, непрерывно меняющимся по графику, который в ряде случаев не может быть предусмотрен заранее сколько-нибудь достоверно. Между тем принятые графики режима водопотребления кладутся в основу расчета водопроводных сетей и сооружений и определяют в значительной степени стоимость системы и расходы на ее эксплуатацию. Поэтому возможно более точное установление (прогнозирование) режима водопотребления представляет собой одну из наиболее ответственных задач при проектировании систем водоснабжения.

Приведенные в §2 нормативные указания из СНиП 2.04.02-84, основанные на анализе фактической работы систем городского водоснабжения, позволяют определять величины расчетных суточных расходов воды в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления. Указанным путем могут быть получены только предельные расчетные часовые расходы для суток наибольшего и наименьшего водопотребления. Между тем для выбора наиболее экономичного режима работы отдельных водопроводных сооружений системы необходимо представить полную картину динамики отбора воды потребителями из водопроводной сети объекта в течение суток. Подобные графики фактического режима водопотребления систематически составляются для действующих систем городских водопроводов. Анализ графиков, полученных для городов, близких по условиям климата, численности населения, степени благоустройства к тому городу, для которого проектируется система водоснабжения, позволяет выбрать для него расчетную модель водопотребления в течение суток.

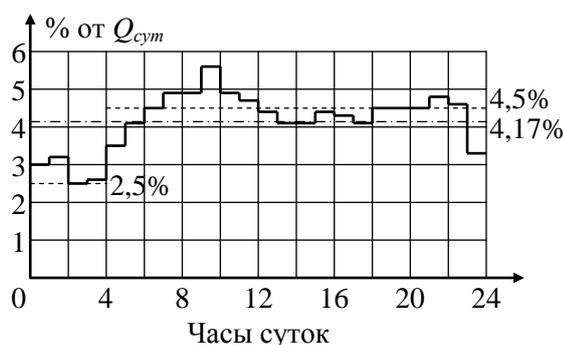


Рис 1.5. График водопотребления

Расчетные графики расходования воды по часам разбиты на часовые интервалы и представляют ступенчатые диаграммы (рис. 1.5). Соответственно этому расход воды в пределах каждого часа предполагается возможным считать постоянным, т.е. возможные фактические изменения отборов воды в пределах отдельных часов не учитываются. Это допущение, как и большинство фактических отклонений процесса водопотребления в течение суток от запланированных графиков, в соответствии с которыми запроектированы и

построены водопроводные сооружения, не вызывает сколько-нибудь существенных нарушений водообеспечения потребителей. Во все годы эксплуатации системы за расчетный период до ее очередного расширения все сооружения системы сохраняют определенный резерв своих возможностей увеличивать подачу воды в соответствии с возникающими требованиями. Кроме того, все основные водопроводные сооружения обладают определенной гибкостью и резервами производительности, т.е. возможностью изменять количество подаваемой воды в достаточных пределах.

Следует отметить, что фактические графики водопотребления в пределах суток весьма ярко отражают различные события, происходящие в городе. Так, в периоды интересных спортивных соревнований, радио- и телепередач потребление воды резко падает. Отличаются графики в отдельные дни недели – в праздничные и предпраздничные от обычных будних дней и т.д., а также в различные периоды года.

Если система городского водопровода одновременно подает воду на нужды производства предприятиям, расположенным на его территории, то графики отборов воды предприятиями должны быть сложены с графиками хозяйственно-питьевого водопотребления. В большинстве случаев все крупные промышленные объекты расходуют воду сравнительно равномерно в течение суток. Изменения расходов используемой воды обычно носят сезонный характер и вызываются изменениями температуры источников и необходимостью получения заданного охлаждения производственных агрегатов.

Для составления расходования воды по часам суток на хозяйственно-питьевые нужды населения населенных пунктов могут быть использованы данные табл. 1.16. Если значение коэффициента $K_{ч.макс}$, найденное по формуле (1.9), не совпадает с табличным значением, то необходимо произвести корректировку расхода в час наибольшего водопотребления.

Пример. Определили что $K_{ч.макс} = 1,48$, а ближайшее табличное значение $K_{ч.макс} = 1,50$. Пользуемся распределением для $K_{ч.макс} = 1,50$, но в часы максимального расхода назначаем не 6,25% от суточного расхода, а величину

$$П = \frac{100}{24} \cdot 1,48 = 6,17\% .$$

Для сохранения суммы 100% с учетом корректировки расходов в часы максимального и минимального водопотребления в размере $\Delta П = 6,25 - 6,17 = 0,08\%$ в часы минимального водопотребления вместо 1,50% назначаем 1,58%.

Для составления расходования воды по часам суток на хозяйственно-питьевые нужды промышленных предприятий и общественных зданий могут быть использованы данные табл. 1.17.

При составлении почасового графика расхода воды для города почасовые нормы расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды рабочих на предприятиях можно принимать без учета коэффициентов неравномерности, а расходы воды на технологические нужды предприятий – равномерными на протяжении всей смены.

Таблица 1.16

Таблица распределения суточных хозяйственно-питьевых расходов по часам суток для населенных пунктов, % от суточного расхода

Часы суток	Населенные пункты											
	Коэффициент часовой неравномерности											
	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50	1,70	1,80	1,90	2,00	2,50
0-1	3,50	3,35	3,20	3,00	2,50	2,00	1,50	1,00	0,90	0,85	0,75	0,60
1-2	3,45	3,25	3,10	3,20	2,65	2,10	1,50	1,00	0,90	0,85	0,75	0,60
2-3	3,45	3,30	3,20	2,50	2,20	1,85	1,50	1,00	0,90	0,85	1,00	1,20
3-4	3,40	3,20	3,20	2,60	2,25	1,90	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00
4-5	3,40	3,25	3,20	3,50	3,20	2,85	2,50	2,00	2,35	2,70	3,00	3,50
5-6	3,55	3,40	3,40	4,10	3,90	3,70	3,50	3,00	3,85	4,70	5,50	3,50
6-7	4,00	3,85	3,80	4,50	4,50	4,50	4,50	5,00	5,20	5,35	5,50	4,50
7-8	4,40	4,45	4,60	4,90	5,10	5,30	5,50	6,50	6,20	5,85	5,50	10,20
8-9	5,00	5,20	5,40	4,90	5,35	5,80	6,25	6,50	5,50	4,50	3,50	8,80
9-10	4,80	5,05	5,00	5,60	5,85	6,05	6,25	5,50	4,85	4,20	3,50	6,50
10-11	4,70	4,85	4,80	4,90	5,35	5,80	6,25	4,50	5,00	5,50	6,00	4,10
11-12	4,55	4,60	4,60	4,70	5,25	5,70	6,25	5,50	6,50	7,50	8,50	4,10
12-13	4,55	4,60	4,50	4,40	4,60	4,80	5,00	7,00	7,50	7,90	8,50	3,50
13-14	4,45	4,55	4,40	4,10	4,40	4,70	5,00	7,00	6,70	6,35	6,00	3,50
14-15	4,60	4,75	4,60	4,10	4,60	5,05	5,50	5,50	5,35	5,20	5,00	2,00
15-16	4,60	4,70	4,60	4,40	4,60	5,30	6,00	4,50	4,65	4,80	5,00	6,20
16-17	4,60	4,65	4,40	4,30	4,90	5,45	6,00	5,00	4,50	4,00	3,50	10,40
17-18	4,30	4,35	4,30	4,10	4,80	5,05	5,50	6,50	5,50	4,50	3,50	9,40
18-19	4,35	4,40	4,40	4,50	4,70	4,85	5,00	6,50	6,30	6,20	6,00	7,30
19-20	4,25	4,30	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	5,00	5,35	5,70	6,00	1,60
20-21	4,25	4,30	4,50	4,50	4,40	4,20	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	1,60
21-22	4,15	4,20	4,80	4,80	4,20	3,60	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00
22-23	3,90	3,75	3,80	4,60	3,70	2,85	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,60
23-24	3,80	3,70	3,70	3,30	2,70	2,10	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60

Таблица 1.17

Таблица распределения суточных хозяйственно-питьевых расходов по часам суток для промышленных предприятий и общественных зданий, % от суточного или сменного расхода

Часы суток	Промышленные предприятия*		Прачечные и бани	Столовые	Больницы, гостиницы	Фабрично-кухни	Детские сады	Школы, интернаты, общежития
	холодные цеха	горячие цеха						
	Коэффициент часовой неравномерности							
	3,00	2,50	1,00	3,00	2,50	1,50		
0-1	12,50	12,50	–	–	0,20	4,50	–	0,15
1-2	6,25	8,12	–	–	0,20	4,50	–	0,15
2-3	6,25	8,12	–	–	0,20	3,80	–	0,15
3-4	6,25	8,12	–	–	0,20	3,60	–	0,15
4-5	18,75	15,65	–	–	0,50	3,60	–	0,15
5-6	37,50	31,25	–	–	0,50	3,70	–	0,25
6-7	6,25	8,12	–	12,00	3,00	4,00	5,00	0,30

Продолжение табл. 1.17

Часы суток	Промышленные предприятия*		Прачечные и бани	Столовые	Больницы, гостиницы	Фабрично-кухни	Детские сады	Школы, интернаты, общежития
	холодные цеха	горячие цеха						
	Коэффициент часовой неравномерности							
	3,00	2,50	1,00	3,00	2,50	1,50		
7-8	6,25	8,12	–	3,00	5,00	4,00	3,00	23,50
8-9	12,50	12,50	6,25	1,00	8,00	3,00	15,00	6,80
9-10	6,25	8,12	6,25	18,00	10,00	4,90	5,50	4,60
10-11	6,25	8,12	6,25	18,00	6,00	4,60	3,40	3,60
11-12	6,25	8,12	6,25	2,00	10,00	4,00	6,40	2,00
12-13	18,75	15,65	6,25	1,00	10,00	4,00	15,00	3,00
13-14	37,50	31,25	6,25	2,80	6,00	4,80	8,10	6,25
14-15	6,25	8,12	6,25	2,90	5,00	4,80	5,60	6,25
15-16	6,25	8,12	6,25	4,00	8,50	4,00	4,00	3,00
16-17	12,50	12,50	6,25	4,00	5,50	4,50	4,00	4,00
17-18	6,25	8,12	6,25	6,00	5,00	4,00	15,00	3,60
18-19	6,25	8,12	6,25	3,00	5,00	4,70	3,00	3,30
19-20	6,25	8,12	6,25	6,00	5,00	4,20	2,00	5,00
20-21	18,75	15,65	6,25	7,00	2,00	4,10	2,00	2,60
21-22	37,50	31,25	6,25	10,00	0,70	3,50	3,00	18,60
22-23	6,25	8,12	6,25	–	3,00	4,30	–	1,60
23-24	6,25	8,12	6,25	–	0,50	4,10	–	1,00

* Данные граф для промышленных предприятий выражены в % от сменного расхода воды, м³. Принятая продолжительность смены – 8 ч.: I смена – с 7⁰⁰ до 15⁰⁰; II смена – с 15⁰⁰ до 23⁰⁰; III смена – с 23⁰⁰ до 7⁰⁰.

Почасовые расходы воды на поливку улиц, проездов, площадей и зеленых насаждений следует принимать с учетом климатических и местных особенностей, а график суммарного водопотребления по часам суток следует строить так, чтобы поливка не совпадала с наибольшим водопотреблением для других нужд. Примерное расходование воды на поливку может быть распределено в соответствие с данными табл. 1.18.

Таблица 1.18

Таблица распределения суточных расходов воды на благоустройство

Назначение воды	Время суток*	
	утренние и вечерние часы	дневные часы
Поливка улиц и площадей	60-70	30-40
Поливка зеленых насаждений	80	20

* Принято следующее распределение часов по времени суток: утренние часы – с 7⁰⁰ до 10⁰⁰; дневные часы – с 10⁰⁰ до 17⁰⁰; вечерние часы – с 17⁰⁰ до 20⁰⁰.

**§15. Сооружения для забора воды из
поверхностных источников**

Выбор места расположения и схемы водозабора. Водозаборные сооружения (водозаборы) из поверхностных источников должны: обеспечивать забор из водоисточника расчетного расхода воды и подачу его потребителю; защищать систему водоснабжения от биологических обрастаний и от попадания в нее наносов, сора, планктона, шугольда и др.

Выбор схемы и места расположения водозабора должен быть обоснован прогнозами качества воды в источнике, переформирования русла или побережья, изменения границы вечномерзлых грунтов и гидротермического режима. При определении места водозабора необходимо учитывать вероятность увеличения территории снабжаемого объекта с тем, чтобы обеспечить определенный разрыв ее с территорией водозаборного сооружения и станции очистки воды и обеспечить возможность организации зон их санитарной охраны. Не допускается размещать водоприемники в пределах зон движения судов, плотов, в зоне отложения и движения донных наносов, в местах зимовья и нереста рыб, на участке возможного разрушения берега, скопления плавника и водорослей, а также возникновения шугозажоров и заторов.

Конструктивная схема водозабора принимается в зависимости от требуемой категории водозабора (табл. 1.19), гидрологической характеристики водоисточника (табл. 1.20), а также требований органов по регулированию использования и охране вод, санитарно-эпидемиологической службы, охраны рыбных запасов и водного транспорта.

Схемы водозабора принимаются по табл. 1.21, составленной для водозаборов, устраиваемых по трем схемам: схема «а» – в одном створе; схема «б» – то же, но при нескольких водоприемниках, снабженных средствами борьбы с шугой, наносами и другими затруднениями забора воды; схема «в» – в двух створах, удаленных на расстояние, исключающее возможность одновременного перерыва забора воды.

Таблица 1.19**Обеспеченность уровней поверхностных источников в зависимости
от требований бесперебойной подачи воды потребителю**

Категория водозабора	Обеспеченность расчетных уровней воды в поверхностных источниках, %	
	максимальны	минимальный
I	1	97
II	3	95
III	5	90

Таблица 1.20

Условия забора воды из поверхностных источников

Характеристика условий забора воды	Условия забора воды из поверхностных источников		
	мутность, устойчивость берегов и дна	шуга и лед	другие факторы
Легкие	Мутность ≤ 500 мг/л, устойчивое ложе водоема и водотока	Отсутствие внутриводного ледообразования. Ледостав умеренной ($\leq 0,8$ м) мощности, устойчивый	Отсутствие в водоемисточнике дрейсен, баянуса, мидий и т.п., водорослей, малое количество загрязнений и сора
Средние	Мутность ≤ 1500 мг/л (средняя за паводок). Русло (побережье) и берега устойчивые с сезонными деформациями $\pm 0,3$ м. Вдольбереговое перемещение наносов не влияет на устойчивость подводного склона постоянной крутизны	Наличие внутриводного ледообразования, прекращающегося с установлением ледостава обычно без шугозаполнения русла и образования шугозажоров. Ледостав устойчивый мощностью $< 1,2$ м, формирующийся с полыньями	Наличие сора, водорослей, дрейсен, баянуса, мидий и загрязнений в количествах, вызывающих помехи в работе водозабора. Лесосплав молевой и плотами. Судоходство
Тяжелые	Мутность ≤ 5000 мг/л. Русло подвижное с перестроением берегов и дна, вызывающим изменение отметок дна до 1-2 м. Наличие переработки берега с вдольбереговым перемещением наносов по склону переменной крутизны	Неоднократно формирующийся ледяной покров с шугоходами и шугозаложением русла при ледоставе до 60-70 % сечения водотока. В отдельные годы с образованием шугозажоров в предледоставный период и ледяных затворов весной. Участки нижнего бьефа ГЭС в зоне неустойчивого ледового покрова. Нагон шугольда на берег с образованием навалов на берега, торосов и шугозаложением прибрежной зоны	То же, но в количествах, затрудняющих работу водозабора и сооружений водопровода
Очень тяжелые	Мутность > 5000 мг/л, русло неустойчивое, систематически и случайно изменяющее свою форму. Интенсивная и значительная переработка берега. Наличие или вероятность оползневых явлений	Формирование ледяного покрова только при шугозажорах, вызывающих подпор; транзит шуги под ледяным покровом в течение большей части зимы. Возможность наледей и перемерзания русла. Ледоход с затворами и с большими навалами льда на берега. Тяжелые шуголедовые условия при наличии приливов	

Таблица 1.21

Условия выбора водоприемных сооружений

Водоприемные устройства	Категория водозаборных сооружений								
	Природные условия забора воды								
	легкие			средние			тяжелые		
	Схемы водозаборов								
	а	б	в	а	б	в	а	б	в
Береговые, незатопляемые водоприемники с водоприемными отверстиями, всегда доступными для обслуживания, с необходимыми ограждающими и вспомогательными сооружениями и устройствами	I	–	–	I	–	–	II	I	I
Затопленные водоприемники всех типов, удаленные от берега, практически недоступные в отдельные периоды года	I	–	–	II	I	–	III	II	I
Нестационарные водоприемные устройства:									
– плавучие	II	I	–	III	III	II	–	–	–
– фуникулерные	III	II	–	–	–	–	–	–	–

Типы и схемы водозаборов поверхностных вод. Состав и конструкция сооружений, входящих в водозаборный узел по приему воды из поверхностного источника, практически полностью зависят от его гидрологического режима, качества воды и производительности водозаборов.

Количество отбираемой воды должно назначаться с учетом минимальных расчетных расходов воды в реке или канале, а также с учетом интересов других водопотребителей и водопользователей. Обычно считается, что при величине относительного водоотбора, т.е. отношении величины расчетного расхода водозабора $Q_в$ к минимальному расчетному расходу воды Q_{\min} в источнике соответствующей обеспеченности, $Q_в / Q_{\min} \leq 0,25$ можно забирать воду из русла реки или канала самыми простыми и недорогими сооружениями водозабора без каких-либо дополнительных мероприятий. При $0,25 < Q_в / Q_{\min} \leq 0,75$ надежный водоотбор возможен только из нешугоносных открытых потоков с особо благоприятными формами и состоянием русла. Чаще же в таких случаях требуется проведение руслорегулирующих работ, а также устройство водоподъемных плотин, обеспечивающих достаточные глубины в месте устройства водозабора и требуемый запас воды.

Качество воды в источнике также может оказывать значительное влияние на конструкцию водозаборного узла, в частности может вызвать необходимость устройства дополнительных сооружений в виде отстойников или значительно усложнить конструкцию водоприемных устройств.

На водоемах рыбохозяйственного значения в состав водозаборных узлов должны входить и конструкции по охране рыбы (табл. 1.22).

Таблица 1.22

Рыбозащитные сооружения

Рыбозащитные сооружения		Расчетный расход водозабора, м ³ /с			
группа (по способу защиты рыб)	тип	менее 0,5	от 0,5 до 5,0	от 5,0 до 10,0	более 10,0
Заградительные	Сетчатый струереактивный барабан, установленный в транзитном потоке	+	-	-	-
	Оголовок с потокообразователем (РОП), установленный в транзитном потоке	+	-	-	-
	Конический однополосный рыбозаградитель с рыбоотводом (конусный)	-	+	+	+
	Конический двухполосный рыбозаградитель с рыбоотводом	+	+	-	-
	Вертикальные сетчатые, перфорированные или фильтрующие экраны V- и W-образные в плане с секциями длиной до 25 м	+	+	+	+
Отгораживающие	Зонтичный оголовок водозабора	+	+	-	-
Концентрирующие	Рыбозащитный концентратор с вертикальной сепарацией рыб (РКВС); блок-секции на 5, 10 и 25 м ³ /с с блочным применением	-	+	+	+

Обычно технологическая схема водозаборного узла из поверхностного источника состоит из водоприемного сооружения, берегового сетчатого колодца и насосной станции. Для водозаборных узлов поверхностных источников наиболее характерными являются две схемы водозабора, которые отличаются расположением водоприемного сооружения относительно берега:

- водозаборы берегового типа, у которых водоприемник совмещается с береговым колодцем, а его водоприемные отверстия всегда доступны для обслуживания, что гарантирует бесперебойную их работу;
- водозаборы руслового типа, водоприемники которых находятся в удалении от берега, а их водоприемные отверстия труднодоступны, а в отдельные периоды года оказываются практически недоступными.

В тех случаях, когда в речной воде в течение длительного периода содержится большое количество взвешенных и донных наносов, а русло сложено из хорошо фильтрующих пород, с успехом применяют водозаборные сооружения инфильтрационного типа, забирающие речную воду, профильтрованную через грунт дна и берега реки.

На сильно шугоносных реках в состав водозаборного узла одним из его элементов включается водоприемный ковш – искусственный залив, обра-

зованный вынесенные в русло реки дамбой или специально отрытый в береге, – значительно повышающий степень надежности забора воды в этих условиях. Водоприемные сооружения берегового, реже руслового типа, располагают в самом ковше. Устройство ковшей позволяет также снизить количество взвешенных наносов в воде, увеличить водоотбор из реки, создать достаточные глубины в месте расположения водоприемника.

Речные водозаборные сооружения берегового типа. Водозаборы берегового типа *раздельной* (рис. 1.6, *а*) и *совмещенной* компоновки (рис. 1.6, *б*) устраивают при наличии вблизи берега глубин, обеспечивающих требуемые условия забора воды. По схеме берегового типа устраивают водозаборы, как правило, средней и большой производительности. Водозаборный узел берегового типа состоит из водоприемного берегового сетчатого колодца и насосной станции первого подъема.

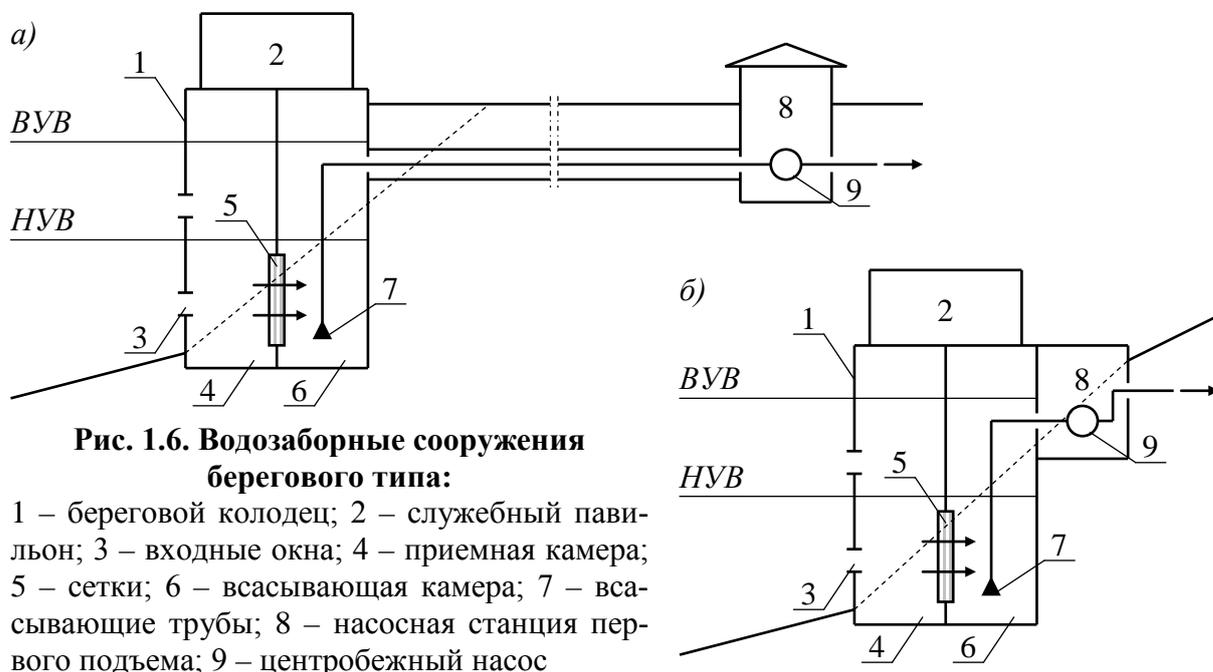


Рис. 1.6. Водозаборные сооружения берегового типа:

- 1 – береговой колодец; 2 – служебный павильон; 3 – входные окна; 4 – приемная камера; 5 – сетки; 6 – всасывающая камера; 7 – всасывающие трубы; 8 – насосная станция первого подъема; 9 – центробежный насос

Прием воды из реки и ее грубая механическая очистка в этих водозаборах осуществляются берегово-сетчатыми колодцами, расположенными на берегу или несколько выдвинутыми в реку. Водоприемный колодец чаще всего выполняют из железобетона, прямоугольным или круглым в плане – в зависимости от места его расположения на берегу и способа его возведения, а также овальной формы или состоящим из двух полуокружностей с прямыми вставками, когда размещение водоприемных отверстий требует значительной площади, а условия реки – хорошего обтекания. Для обеспечения бесперебойности работы и периодической очистки и ремонта без прекращения подачи воды водоприемный колодец разделяется продольными перегородками на несколько параллельно работающих секций, число которых принимается равным количеству насосов или всасывающих трубопроводов.

Водоприемные отверстия (входные окна), через которые вода поступает в водозабор, располагают в передней стенке колодца, как правило, в не-

сколько ярусов по вертикали, что позволяет забирать воду из различных слоев потока, обеспечивая, таким образом, прием воды наилучшего качества. Низ водоприемных отверстий должен быть расположен не менее 0,5 м выше дна водоема или водотока, верх – не менее 0,2 м от нижней кромки льда.

Площадь водоприемного отверстия определяется по средней скорости втекания воды в него при одновременной работе всех секций водозабора по формуле

$$\Omega_{\text{бр}} = 1,25 \cdot \frac{q_p \cdot K_{\text{см}}}{v_{\text{вм}}}, \text{ м}^2, \quad (1.16)$$

где q_p – расчетный расход одной секции, м³/с;

$K_{\text{см}}$ – коэффициент, учитывающий стеснение отверстий стержнями решеток или сеток. Определяется по формулам:

$$K_{\text{см}} = \frac{a_{\text{см}} + c_{\text{см}}}{a_{\text{см}}}, \quad \text{– для решеток}, \quad (1.17)$$

$$K_{\text{см}} = \left(\frac{a_{\text{см}} + c_{\text{см}}}{a_{\text{см}}} \right)^2, \quad \text{– для сеток}, \quad (1.18)$$

здесь $a_{\text{см}}$ – толщина стержней, см;

$c_{\text{см}}$ – расстояние между стержнями в свету, см;

$v_{\text{вм}}$ – скорость втекания в водоприемные отверстия, м/с, отнесенная к их сечению. Принимается равной без учета требований рыбозащиты 0,06-0,6 м/с, а с их учетом – 0,06-0,25.

В водоприемниках фильтрующего типа площадь водоприемного фильтра определяется по формуле (1.17) при значении коэффициента

$$K_{\text{см}} = \frac{1}{P_{\text{ф}}}, \quad (1.19)$$

где $P_{\text{ф}}$ – пористость фильтра. Принимается для гравийно-щебеночных фильтров 0,3-0,5 м и порозластовых – 0,25-0,35 м.

Водоприемные отверстия оборудуют съёмными сороудерживающими решетками, заменяемыми на период шугохода решетками-реостатами, а в летний период – плоскими рыбозащитными сетками. При большом количестве водорослей, щепы и другого сора, сравнительно небольших глубинах для водозаборов большой и средней производительности применяют стационарные решетки с механической очисткой.

С внутренней стороны водоприемные отверстия оборудуют укороченными задвижками, клапанами или щитами, позволяющими в любое время полностью или частично перекрыть отверстие для забора воды отверстием другого яруса или проведения ремонта оборудования.

Внутри берегового водоприемного колодца находятся сороудерживающие сетки (плоские съёмные или вращающиеся), обеспечивающие более полную очистку воды от сора и практически разделяющие колодец на два отделения: водоприемное – перед сеткой и всасывающее – за сеткой. Область

применения плоских сеток – водозаборы с производительностью 0,5–1,0 м³/с, забирающие воду из относительно чистых незасоренных водоемов. Вращающиеся сетки следует применять в средних, тяжелых и очень тяжелых условиях загрязненности источника, а также при производительности водозабора более 1,0 м³/с.

Вращающиеся сетки, выпускаемые нашей промышленностью, рассчитаны на пропуск воды в количестве до 3,0 м³/с. В системах водоснабжения значительного масштаба приходится устанавливать несколько параллельно работающих сеток. Каждая из них помещается в отдельной сеточной камере водозаборного сооружения. Вращающиеся сетки широко применяют в системах водоснабжения промышленных предприятий, а также в водопроводах крупных городов. Минимально необходимая площадь вращающихся сеток определяется по формуле (1.17) при значении коэффициента

$$K_{cm} = \left(\frac{a_{cm} + c_{cm}}{a_{cm}} \right)^2 \cdot (1 + P), \quad (1.20)$$

где P – коэффициент, учитывающий стеснение сеток опорными рамками. Принимается равным $P = 0,05-0,1$.

Забор воды из берегово-сетчатого колодца осуществляется всасывающими трубопроводами насосов из всасывающего отделения, т.е. после процеживания воды через сетки. Для предотвращения заиливания колодца взвешенными частицами, поступающими вместе с водой и выпадающими в осадок вследствие резкого уменьшения скорости движения воды в колодце, берегово-сетчатый колодец оборудуется илоудаляющими устройствами – эжекторами, всасывающими трубопроводами грязевых насосов, специальными приемками, а при больших расходах – взмучивающими трубопроводами, для разрыхления слежавшегося осадка.

При небольшой и средней производительности водозаборов, слабом основании, незначительных амплитудах колебания воды в реке (до 6,0-8,0 м) и использовании насосов с допустимой высотой всасывания более 3,0-4,0 м устраивают водозаборный узел берегового типа раздельной компоновки. При такой компоновке насосная станция первого подъема располагается в отдалении от берегового водоприемного колодца, на участке с более надежным основанием, с незначительным заглублением, а поэтому с лучшими условиями работы электросилового оборудования. Оба сооружения, и в особенности берегово-сетчатый колодец, имеют незначительную площадь и соединяются между собой всасывающими трубопроводами, обычно уложенными в проходной галерее. Существенным недостатком такой компоновки водозаборного узла берегового типа являются сложность обслуживания сооружений, невозможность ее осуществления при использовании насосов с малой высотой всасывания, затруднительные условия работы насосов. Поэтому при значительных колебаниях уровней воды, хороших основаниях и средней и большой производительности водозаборов применяют схему берегового водоза-

бора, совмещенного с насосной станцией первого подъема. Такая схема компоновки значительно упрощает условия эксплуатации водозаборного узла, характеризуется наиболее благоприятным гидравлическим режимом, обеспечивает максимальное использование объема сооружения, снижает его строительную стоимость, однако значительно усложняет технологию его возведения и условия эксплуатации электросилового оборудования.

Речные водозаборные сооружения руслового типа. Водозаборы руслового типа (рис. 1.7) устраивают при пологих берегах и дне, когда требуемые для приема воды глубины находятся на значительном расстоянии от берега. Учитывая труднодоступность водоприемных сооружений, водозаборы руслового типа сооружают, как правило, при малой и средней производительностях водозаборов. Они состоят из водоприемного устройства (оголовка), расположенного непосредственно в реке или канале, самотечных или сифонных водоводов, соединяющих оголовки с водоприемно-сетчатым колодцем, берегового водоприемного колодца, предназначенного для грубой механической очистки воды, и насосной станции первого подъема.

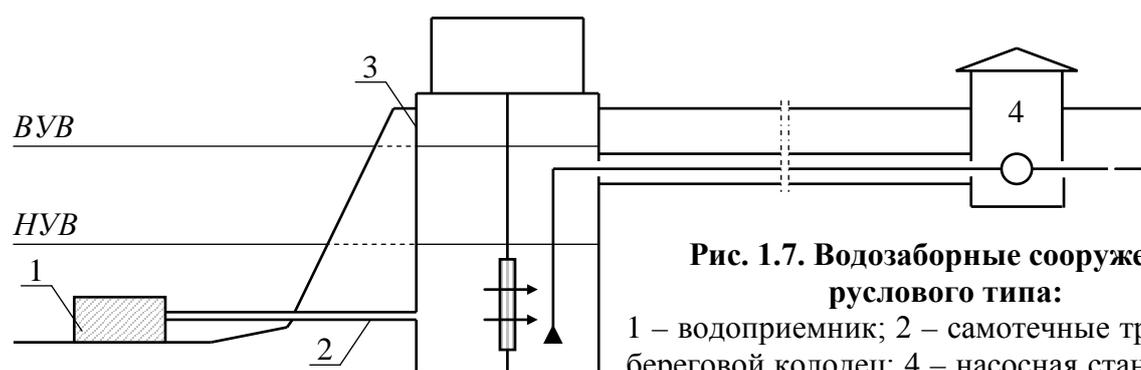


Рис. 1.7. Водозаборные сооружения руслового типа:

1 – водоприемник; 2 – самотечные трубы; 3 – береговой колодец; 4 – насосная станция первого подъема

Как и у водоприемников берегового типа, насосная станция первого подъема может быть устроена отдельно или конструктивно объединена с береговым колодцем.

При относительно чистой воде в источнике и небольшой производительности водозабора в технологической схеме речного водозаборного узла могут отсутствовать самотечные или сифонные водоводы и береговой водоприемно-сетчатый колодец. В этом случае в состав водозаборных сооружений входят: оголовки, всасывающий трубопровод и насосная станция первого подъема. Вода при такой схеме очищается сеткой оголовка, которая в этом случае заменяет решетки на водоприемных отверстиях.

Устройство и эксплуатация русловых водозаборных узлов значительно сложнее, чем береговых водозаборов, а надежность в работе меньше, так как их водоприемная часть труднодоступна для осмотра, самотечные или сифонные водоводы могут заиливаться, засоряться и забиваться шугой, оборудование берегового колодца намного сложнее. Применение их ограничено небольшой и средней производительностью водозаборов, если по природным

условиям невозможно устройство водоприемников берегового типа.

Водоприемные оголовки служат не только для непосредственного приема воды из источника, но и для укрепления и защиты от повреждений концов самотечных, сифонных и всасывающих трубопроводов в русле реки. В настоящее время имеется большое количество конструктивных решений по устройству оголовков в различных природных условиях. Все они могут быть разделены на три основные группы: постоянно затопленные, затапливаемые высокими водами и незатапливаемые.

Постоянно затопленные оголовки располагают ниже минимального расчетного уровня воды и нижней кромки ледяного покрова при ледоставе. Они наиболее дешевы, менее трудоемки при строительстве и широко применяются при устройстве систем хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения. В то же время невозможность осмотра и очистки сороудерживающих решеток водоприемных отверстий при высоких уровнях воды, шугоходе и ледоходе делает их менее надежными в отношении обеспечения бесперебойности подачи воды потребителю.

Существуют два типа затопленных водоприемников. Сооружения первого типа служат лишь для укрепления и защиты от повреждения приемных концов самотечных линий, забирающих воду непосредственно из реки. Сооружения второго типа образуют приемную камеру, куда поступает речная вода, и к которой присоединяются приемные концы самотечных линий.

Постоянно затопленные оголовки устраиваются с боковым или низовым приемом воды. При таком расположении сор, шуга и снежура, закупорившие решетки, при прекращении забора воды постепенно смываются потоком. Создание обратного тока воды через решетку ускоряет смыв сора.

Затапливаемые оголовки по устройству аналогичны постоянно затопленным, но в отличие от последних при минимальных и меженных уровнях их верх возвышается над водой, поэтому значительно проще их осматривать, заменять сороудерживающие решетки или рыбозаградительные устройства. Однако они существенно затрудняют использование реки для судоходства и лесосплава и приводят к резким переформированиям гидравлического режима реки, не повышая существенно надежность работы водоприемника. Поэтому их крайне редко устраивают для забора воды из рек в хозяйственно-питьевых системах водоснабжения.

Незатапливаемые оголовки обеспечивают наибольшую надежность в приеме воды и бесперебойной ее подаче. Кроме того, они наиболее удобны в эксплуатации, но представляют собой массивные дорогостоящие сооружения и поэтому могут быть рекомендованы только при средней и большой производительности водозаборов в тяжелых природных условиях, когда устройство берегового водозабора или невозможно, или экономически нецелесообразно. Такие оголовки состоят из нескольких независимых друг от друга секций с расположением водоприемных отверстий в два и даже три яруса, что позволяет забирать воду наилучшего качества.

Размеры водоприемных отверстий или фильтрующей поверхности оголовков русловых водозаборов следует определять по формуле (1.17).

Учитывая также, что оголовок увеличивает скорость потока в зоне его расположения, должна быть проверена неразмываемость русла в месте установки оголовка по формуле

$$v_n = 1,65 \cdot \sqrt[4]{d_{10} \cdot H} \cdot \sqrt{g \cdot (1 + 3 \cdot \sqrt[3]{\rho^2})}, \text{ м/с}, \quad (1.21)$$

где v_n – неразмывающая скорость речного потока, м/с;

d_{10} – наибольший диаметр отложений на дне, содержащийся в смеси в количестве не более 10% м;

d – средний диаметр отложений на дне или каменного крепления, м;

H – глубина потока, м;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

ρ – величина мутности от руслоформирующих фракций, кг/м³.

Самотечные и сифонные водоводы соединяют водоприемники (оголовки) и береговые водоприемно-сетчатые колодцы. Их количество соответствует числу секций берегового колодца. Сифонные и самотечные водоводы, как правило, принимаются из стальных труб.

Сифонные водоводы допускается применять в водозаборах II и III категорий надежности подачи воды. Применение сифонных водоводов в водозаборах I категории должно быть обосновано.

Размер живого сечения самотечных или сифонных водоводов устанавливается гидравлическим расчетом по формуле

$$\Omega_g = \frac{q_p}{v_d}, \text{ м}^2, \quad (1.22)$$

где q_p – расчетный расход воды, м³/с;

v_d – скорость движения воды в водоводе, м/с. Принимается по данным табл. 1.23. Большие значения принимаются при больших расчетных расходах, при большом содержании взвеси и при относительно малой длине линий.

Таблица 1.23

**Ориентировочная скорость движения воды
в самотечных и сифонных водоводах**

Диаметры водоводов, мм	Скорости движения воды, м/с, в водозаборах категории	
	I	II
300-500	0,7-1,0	1,0-1,5
500-800	1,0-1,4	1,5-1,9
более 800	1,5	2,0

Сечение водовода, принятое по формуле (1.22), должно быть проверено на незаиливание по формуле А.С. Образовского

$$\rho \leq 0,11 \cdot \left(1 - \frac{\sigma}{u}\right)^{4,3} \cdot \frac{v_d^3}{g \cdot \sigma \cdot D}, \text{ кг/м}^3, \quad (1.23)$$

где ρ – мутность речной воды, кг/м³;

σ – средневзвешенная гидравлическая крупность взвеси, м/с;

u – скорость выпадения частиц взвеси,

$$u = \frac{D \cdot \sqrt{g}}{C}, \text{ м/с}, \quad (1.24)$$

здесь D – диаметр трубы, м;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

C – коэффициент Шези.

При соблюдении приведенного неравенства можно считать, что принятая скорость обеспечивает незаиливание водовода. Для сифонного водовода следует определить еще и его высотное положение, исходя из условия обеспечения его работы при низком расчетном уровне воды в реке и максимальном заборе воды:

$$h = P_{\text{вак}} - \frac{v_0^2}{2 \cdot g} - \sum h, \text{ м}, \quad (1.25)$$

где h – высота расположения наивысшей точки сифона над минимальным уровнем воды в источнике, м;

$P_{\text{вак}}$ – принятая величина допустимого вакуума в сифоне, м. Принимается равной 6,0-7,0 м;

$\sum h$ – сумма потерь напора в сифоне от начала до рассматриваемого участка (сечения), м.

Для надежной работы водозаборного узла с затопленными оголовками и самотечными или сифонными водоводами, как показывает опыт их эксплуатации, необходимо предусматривать промывку их обратным током воды. Для этого на водозаборном сооружении должны быть предусмотрены присоединения самотечных и сифонных водоводов к напорным водоводам насосной станции или специальным промывочным насосом.

В качестве новых технических решений русловых водозаборных сооружений разработан тип сооружений с погружными осевыми электронасосами, позволяющими забирать воду при относительно больших колебаниях уровней воды в используемом источнике, не требуя при этом излишнего заглубления, а, следовательно, удорожания станции. Водоприемник включает фильтр из галечно-щебеночной смеси, пройдя который, вода поступает в головной горизонтально расположенный участок трубы, подающей воду к береговому колодцу. В месте перехода горизонтального участка в наклонной (соответственно уклону берега) трубе устанавливается погружной осевой насос, который подает поступившую из реки воду по напорной трубе, уложенной в основной трубе, играющей роль обсадной. Рекомендуются условия для использования таких водозаборов: колебания расхода воды 0,2-1,0 м³/с, амплитуда уровней воды в реке 6-14 м, наличие нескальных пород.

§16. Сооружения для забора воды из подземных источников

Выбор места расположения водозабора. Водоносный пласт, намеченный к эксплуатации, и место расположения водозабора подземных вод при проектировании устанавливаются на основании комплексных изысканий, освещающих: физико-географические условия района; связь подземных вод с поверхностными водами; геологическое строение участка; условия залегания водоносного пласта или пластов, его размеры в плане и в разрезе; гидрогеологические условия (состав водоносных пластов, их водопроницаемость, пьезопроводность и водоотдача, взаимосвязь, состав окружающих – подстилающих и перекрывающих пород, источники питания водоносных горизонтов, глубина залегания и форма пьезометрической поверхности или зеркала водоносного горизонта); режим подземных вод; качество подземных вод водоносных горизонтов; санитарные условия района; наличие водопонижительных и водоотливных сооружений других водозаборов (их месторасположения и используемые водоносные пласты); условия возможного загрязнения подземных вод и источники загрязнения (если такие имеются).

Имея указанный материал изысканий, для выбора месторасположения водозабора руководствуются тем, что водозабор должен: располагаться возможно ближе к водопотребителю, занимать возможно меньшую площадь, иметь возможность расширения в перспективе; иметь наиболее благоприятные санитарные условия и возможность организации зон санитарной охраны; располагаться на расстоянии, исключающем взаимодействие с существующими водозаборами или влияние поверхностных вод на качество забираемой подземной воды.

Типы сооружений для приема подземных вод. В водозаборах подземных вод применяются следующие водоприемные сооружения: водозаборные скважины, шахтные колодцы, горизонтальные водозаборы, комбинированные водозаборы, лучевые водозаборы, каптажи родников.

Водозаборные скважины применяют при залегании водоносных пластов на глубине более 10 м и значительной их мощности (более 5-6 м) и устраивают как в безнапорных, так и в напорных водоносных пластах. Способы бурения скважин приведены в табл. 1.24.

В зависимости от местных условий и оборудования устье скважины располагают в наземном павильоне или подземной камере, габариты которых в плане принимают из условия размещения электродвигателя, электрооборудования и контрольно-измерительных приборов.

Водозаборные скважины состоят из следующих основных конструктивных элементов: кондуктора, технической колонны труб, эксплуатационной колонны, цементной защиты, водоприемной части (фильтра) отстойника, надфильтровой колонны, сальника. Конструкция и размеры фильтра принимаются в соответствии с табл. 1.25.

Таблица 1.24

Способы бурения скважин на воду

Способ бурения	Условия применения
Роторный с глинистым раствором	Скважины в благоприятных гидрогеологических условиях; на водоносные горизонты, ранее хорошо изученные и надежно опробованные; с учетом снижения дебита скважин в результате кальматации пород глинистым раствором
Роторный с промывкой водой или продувкой воздухом	В устойчивых скальных породах
Роторный с обратной промывкой	Скважины глубиной до 300 м, диаметром до 1000 мм и более в породах без включения валунов и большого количества крупной гальки, при глубине залегания уровня подземных вод 3 м и более от поверхности земли
Ударно-канатный	Скважины в рыхлых породах глубиной до 150-100 м (в скальных породах допускается на глубину более 150 м)
Комбинированный (ударно-канатный и роторный)	Скважины глубиной более 150 м в сложных горногеологических условиях; ударным в водоносных породах и при частом чередовании водоносных и водонепроницаемых слоев; роторным до водоносного горизонта, намечаемого для эксплуатации
Реактивно-турбинный	Скважины диаметром более 1000 мм и глубиной не менее 200 м
Колонковый	Скважины диаметром до 200 мм в скальных породах

Таблица 1.25

Конструкции фильтров

Породы водоносных пластов	Типы и конструкции фильтров
Скальные и полускальные неустойчивые породы, щебенистые и галечниковые отложения с преобладающим размером частиц 20-100 мм (более 50% по массе)	Фильтры-каркасы (без дополнительной фильтрующей поверхности) стержневые, трубчатые с круглой и щелевой перфорацией, штампованные из стального листа толщиной 4 мм с антикоррозионным покрытием, спирально-стержневые
Гравий, гравелистый песок с преобладающим размером частиц 2-5 мм (более 50% по массе)	Фильтры стержневые и трубчатые с водоприемной поверхностью из проволочной обмотки или штампованного листа из нержавеющей стали. Фильтры штампованные из стального листа толщиной 4 мм с антикоррозионным покрытием, спирально-стержневые
Пески крупные с преобладающим размером частиц 1-2 мм (более 50% по массе)	
Пески среднезернистые с преобладающим размером частиц 0,25-0,5 мм (более 50% по массе)	Фильтры стержневые и трубчатые с водоприемной поверхностью из проволочной обмотки, сеток квадратного плетения, штампованного листа из нержавеющей стали с песчано-гравийной обсыпкой, спирально-стержневые
Пески мелкозернистые с преобладающим размером частиц 0,1-0,25 мм (более 50% по массе)	Фильтры стержневые и трубчатые с водоприемной поверхностью из проволочной обмотки, сеток галунного плетения, штампованного листа из нержавеющей стали с однослойной или двухслойной песчано-гравийной

обсыпкой, спирально-стержневые

Размеры отверстий фильтров при устройстве гравийной обсыпки должны приниматься равными среднему диаметру частиц слоя обсыпки, примыкающего к стенкам фильтра. Размеры отверстий фильтров без устройства гравийной обсыпки принимаются по табл. 1.26, где $K_n = \frac{d_{60}}{d_{10}}$ (здесь d_{10} , d_{50} , d_{60} – размеры частиц, меньше которых в породе водоносного пласта содержится соответственно 10%, 50% и 60% частиц породы).

Таблица 1.26

Размеры отверстий фильтров

Тип фильтра	Размеры отверстий фильтров	
	в однородных породах $K_n \leq 2$	в неоднородных породах $K_n \geq 2$
С круглой перфорацией	$(2,5 \div 3) \cdot d_{50}$	$(3 \div 4) \cdot d_{50}$
Сетчатый	$(1,5 \div 2) \cdot d_{50}$	$(2 \div 2,25) \cdot d_{50}$
С щелевой перфорацией	$(1,25 \div 1) \cdot d_{50}$	$(1,5 \div 2) \cdot d_{50}$
Проволочный	$1,25 \cdot d_{50}$	$1,5 \cdot d_{50}$

В качестве обсыпки фильтров применяется песок, гравий и песчано-гравийные смеси. В многослойных гравийных фильтрах толщина каждого слоя обсыпки должна приниматься для фильтров собираемых на поверхности земли не менее 30 мм, создаваемых в забое скважины – не менее 50 мм.

Длина рабочей части фильтра в напорных водоносных пластах мощностью до 10 м принимается равной мощности пласта, в безнапорных – мощности пласта за вычетом эксплуатационного понижения уровня воды в скважине (фильтр, как правило, должен быть затоплен) с учетом установки рабочей части фильтра на расстоянии от кровли и подошвы водоносного пласта не менее 0,5-1,0 м. В водоносных пластах мощностью более 10 м длина рабочей части фильтра определяется с учетом водопроницаемости пород, производительности скважин и конструкции фильтра.

При использовании нескольких водоносных пластов рабочие части фильтров устанавливаются в каждом водоносном пласте и соединяются между собой глухими трубами, перекрывающими слабопроницаемые слои.

Бесфильтровые конструкции скважин для забора подземных вод из рыхлых песчаных отложений принимаются при условии залегания над ними устойчивые породы.

Шахтные колодцы применяют, как правило, в первых от поверхности безнапорных водоносных пластах, сложенных рыхлыми породами и залегающих на глубине до 30 м. При мощности водоносного пласта до 3,0 м принимаются шахтные колодцы совершенного типа с вскрытием всей мощности пласта, при большей мощности допускаются совершенные и несовершенные колодцы с вскрытием части пласта.

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 выполняется толщиной 0,4-0,6 м из нескольких слоев песка и гравия по 0,1-0,15 м каждый, с укладкой в нижнюю часть фильтра мелких, а в верхнюю – крупных фракций.

Горизонтальные водозаборы предусматриваются, как правило, на глубине до 8,0 м в безнапорных водоносных пластах, преимущественно вблизи поверхностных водотоков. Они проектируются в виде каменно-щебеночной дрены, трубчатой дрены, водосборной галереи или водосборной штольни. Водозаборы в виде каменно-щебеночной дрены рекомендуются для систем временного водоснабжения. Трубчатые дрены проектируются на глубине до 5,0-8,0 м для водозаборов II-III категорий. Для водозаборов I и II категорий принимаются, как правило, водосборные галереи.

Для исключения выноса частиц породы из водоносного пласта при проектировании водоприемной части горизонтальных водозаборов предусматривается обратный фильтр из двух-трех слоев толщиной не менее 0,15 м.

Для водозабора в виде каменно-щебеночной дрены прием воды производится через щебеночную призму размером 30×30 или 50×50 см, уложенную на дно траншеи с уклоном 0,01-0,05 в сторону водосборного колодца, с устройством обратного фильтра.

Водоприемная часть водозаборов из трубчатых дрен выполняется из керамических, асбестоцементных, железобетонных и пластмассовых труб с круглыми или щелевыми отверстиями с боков и в верхней части трубы; нижняя часть трубы (не более 1/3 по высоте) должна быть без отверстий. Минимальный диаметр труб 150 мм.

Водоприемные галереи принимаются из сборного железобетона с щелевыми отверстиями или окнами с козырьками. Под железобетонными звеньями галереи предусматривается основание, исключаящее осадку их относительно друг друга. С боков галереи в пределах ее водоприемной части устраивается обратный фильтр.

Комбинированные водозаборы используются в двухпластовых системах с верхним безнапорным и нижним напорным водоносными пластами. Водозабор следует предусматривать в виде горизонтальной трубчатой дрены, каптирующей верхний безнапорный пласт, к которой снизу или сбоку подключены патрубки фильтровых колонн вертикальных скважин-усилителей, заложенных в нижнем пласте.

Лучевые водозаборы состоят из системы горизонтальных лучей скважин, радиально присоединенных к водосборному колодцу. Они применяются в водоносных пластах мощностью до 20 м, кровля которых расположена от поверхности земли на глубине не более 15-20 м. В неоднородных или мощных однородных водоносных пластах применяются многоярусные лучевые водозаборы с лучами, расположенными на разных отметках.

В галечниковых грунтах при крупности фракций $D_{60} \geq 70$ мм, при наличии в водоносных породах включений валунов в количестве более 10% и

в илистых мелкозернистых породах лучевые водозаборы применять не рекомендуется.

Каптажные устройства (водосборные камеры или неглубокие опускные колодцы) применяются для захвата подземных вод из родников. Захват воды из восходящего родника осуществляется через дно каптажной камеры, из нисходящего – через отверстия в стене камеры. При каптаже родников из трещиноватых пород прием воды в каптажной камере допускается осуществлять без фильтров, а из рыхлых пород – через обратные фильтры.

Для освобождения воды родника от взвеси каптажная камера разделяется переливной стенкой на два отделения: одно – для отстаивания воды с последующей очисткой его от осадка, второе – для забора воды насосом. При наличии вблизи нисходящего родника нескольких выходов воды каптажная камера выполняется с открьлками.

Искусственное пополнение запасов подземных вод. Искусственное пополнение подземных вод принимается для увеличения производительности и обеспечения стабильной работы действующих и проектируемых водозаборов подземных вод, улучшения качества инфильтруемых и отбираемых подземных вод, создания сезонных запасов подземных вод, охраны окружающей среды (предотвращение недопускаемого понижения уровня грунтовых вод, приводящего к гибели растительности).

Пополнение запасов подземных вод производится через инфильтрационные сооружения открытого и закрытого типов. В качестве инфильтрационных сооружений открытого типа, используемых для пополнения запасов подземных вод первого от поверхности водоносного пласта при отсутствии или малой мощности (до 3,0 м) покровных слабопроницаемых отложений, следует применять: бассейны, естественные и искусственные понижения рельефа (овраги, балки, старицы, карьеры). В качестве инфильтрационных сооружений закрытого типа применяются скважины (поглощающие и дренажно-поглощающие) и шахтные колодцы.

Выбор схемы размещения инфильтрационных сооружений, определение их количества и производительности производится на основе комплексных гидрогеологических и технико-экономических расчетов с учетом назначения искусственного пополнения запасов подземных вод, схемы размещения водозаборных сооружений, качества подаваемой воды и особенностей эксплуатации инфильтрационных и водозаборных сооружений. Расстояния между инфильтрационными и водозаборными сооружениями принимаются на основе прогноза качества отбираемой воды с учетом доочистки подаваемой на инфильтрацию воды и смешения ее с подземными водами.

Глава V

ОБРАБОТКА ВОДЫ

§17. Гигиенические требования к качеству воды централизованного водоснабжения

Гигиенические требования к качеству питьевой воды, а также правила контроля качества воды, производимой и подаваемой централизованными системами питьевого водоснабжения, населенных мест устанавливаются СанПиН 2.1.4.559-96. Санитарные правила применяются в отношении воды, подаваемой системами водоснабжения и предназначенной для потребления населением в питьевых и бытовых целях, для использования в процессах переработки продовольственного сырья и производства пищевых продуктов, их хранения и торговли, а также для производства продукции, требующей применения воды питьевого качества.

Отклонения от гигиенических нормативов допускаются при выполнении следующих условий:

1. обеспечение населения питьевой водой не может быть достигнуто иным способом;
2. соблюдения согласованных с центром Госсанэпиднадзора на ограниченный период времени максимально допустимых отклонений от гигиенических нормативов;
3. максимального ограничения срока действия отступлений;
4. отсутствия угрозы здоровью населения в период действия отклонений;
5. обеспечения информации населения о введении отклонений и сроках их действия, об отсутствии риска для здоровья, а также о рекомендациях по использованию питьевой воды.

Гигиенические требования и нормативы качества питьевой воды.

Питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства. Качество питьевой воды должно соответствовать гигиеническим нормативам перед ее поступлением в распределительную сеть, а также в точках водоразбора наружной и внутренней водопроводной сети.

Безопасность питьевой воды в эпидемическом отношении определяется ее соответствием нормативам по микробиологическим и паразитологическим показателям, представленным в табл. 1.27.

Безвредность питьевой воды по химическому составу определяется ее соответствием нормативам по:

- обобщенным показателям и содержанию вредных химических веществ, наиболее часто встречающихся в природных водах на территории Российской Федерации, а также веществ антропогенного происхождения, получивших глобальное распространение (табл. 1.28);

Таблица 1.27

Показатели безопасности питьевой воды в эпидемическом отношении

Показатели	Единицы измерения	Нормативы
Термотолерантные колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	Отсутствие
Общие колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	Отсутствие
Общее микробное число	Число образующих колонии бактерий в 1 мл	Не более 50
Колифаги	Число бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 100 мл	Отсутствие
Споры сульфитредуцирующих клостридий	Число спор в 20 мл	Отсутствие
Цисты лямблий	Число цист в 50 л	Отсутствие

Таблица 1.28

Обобщенные показатели и содержание вредных химических веществ

Показатели	Единицы измерения	Нормативы (ПДК), не более	Показатель вредности*	Класс опасности
Обобщенные показатели				
Водородный показатель	единицы рН	в пределах 6-9		
Общая минерализация (сухой остаток)	мг/л	1000 (1500)		
Жесткость общая	ммоль/л	7,0 (10)		
Окисляемость перманганатная	мг/л	5,0		
Нефтепродукты, суммарно	мг/л	0,1		
Поверхностно-активные вещества (ПАВ), анионоактивные	мг/л	0,5		
Фенольный индекс	мг/л	0,25		
Неорганические вещества				
Алюминий (Al ³⁺)	мг/л	0,5	с.-т.	2
Барий (Ba ²⁺)	мг/л	0,1	с.-т.	2
Бериллий (Be ²⁺)	мг/л	0,0002	с.-т.	1
Бор (В, суммарно)	мг/л	0,5	с.-т.	2
Железо (Fe, суммарно)	мг/л	0,3 (1,0)	орг.	3
Кадмий (Cd, суммарно)	мг/л	0,001	с.-т.	2
Марганец (Mn, суммарно)	мг/л	0,1 (0,5)	орг.	3
Медь (Cu, суммарно)	мг/л	1,0	орг.	3
Молибден (Mo, суммарно)	мг/л	0,25	с.-т.	2
Мышьяк (As, суммарно)	мг/л	0,05	с.-т.	2
Никель (Ni, суммарно)	мг/л	0,1	с.-т.	3
Нитраты (по NO ₃)	мг/л	45	орг.	3
Ртуть (Hg, суммарно)	мг/л	0,0005	с.-т.	1
Свинец (Pb, суммарно)	мг/л	0,03	с.-т.	2
Селен (Se, суммарно)	мг/л	0,01	с.-т.	2
Стронций (Sr ²⁺)	мг/л	7,0	с.-т.	2
Сульфаты (SO ₄ ²⁻)	мг/л	500	орг.	4

Продолжение табл. 1.28

Показатели	Единицы измерения	Нормативы (ПДК), не более	Показатель вредности*	Класс опасности
Фториды (F ⁻) для климатических районов:				
– I и II	мг/л	1,5	с.-т.	2
– III	мг/л	1,2	с.-т.	2
Хлориды (Cl ⁻)	мг/л	350	орг.	4
Хром (Cr ⁶⁺)	мг/л	0,05	с.-т.	3
Цианиды (CN ⁻)	мг/л	0,035	с.-т.	2
Цинк (Zn ²⁺)	мг/л	5,0	орг.	3
Органические вещества				
γ-ГХЦГ (линдан)	мг/л	0,002	с.-т.	1
ДДТ (сумма изомеров)	мг/л	0,002	с.-т.	2
2,4-Д	мг/л	0,03	с.-т.	2

* Лимитирующий признак вредности вещества, по которому установлен норматив: «с.-т.» – санитарно-токсикологический, «орг.» – органолептический.

- содержанию вредных химических веществ, поступающих и образующихся в воде в процессе ее обработки в системе водоснабжения (табл. 1.29);
- содержанию вредных химических веществ, поступающих в источники водоснабжения в результате хозяйственной деятельности человека.

Таблица 1.29

Содержание вредных химических веществ, образующихся в воде при ее обработке

Показатели	Единицы измерения	Нормативы (ПДК), не более	Показатель вредности	Класс опасности
Хлор				
– остаточный свободный	мг/л	0,3-0,5	орг.	3
– остаточный связанный	мг/л	0,8-1,2	орг.	3
Хлороформ (при хлорировании воды)	мг/л	0,2	с.-т.	2
Озон остаточный***	мг/л	0,3	орг.	
Формальдегид (при озонировании воды)	мг/л	0,05	с.-т.	2
Полиакриламид	мг/л	2,0	с.-т.	2
Активированная кремнекислота (по Si)	мг/л	10	с.-т.	2
Полифосфаты (по PO ₄ ³⁻)	мг/л	3,5	орг.	3
Остаточные количества алюминий- и железосодержащих коагулянтов	мг/л	см. показатели «Алюминий», «Железо» табл. 1.27		

При обнаружении в питьевой воде нескольких химических веществ, относящихся к 1 и 2 классам опасности и нормируемых по санитарно-токсикологическому признаку вредности, сумма отношений обнаруженных концентраций каждого из них в воде к величине его ПДК не должна быть больше 1. Расчет ведется по формуле

$$\frac{C_{факт}^1}{C_{доп}^1} + \frac{C_{факт}^2}{C_{доп}^2} + \dots + \frac{C_{факт}^n}{C_{доп}^n} \leq 1, \quad (1.26)$$

где C – фактическая и допустимая концентрации индивидуальных химических веществ 1 и 2 класса опасности.

Благоприятные органолептические свойства воды определяются ее соответствием нормативам, указанным в табл. 1.30, а также нормативам содержания веществ, оказывающих влияние на органолептические свойства воды, приведенным в табл. 1.28-1.29. Не допускается присутствие в питьевой воде различных невооруженным глазом водных организмов и поверхностной пленки.

Таблица 1.30

Норматив органолептических свойств воды

Показатели	Единицы измерения	Нормативы, не более
Запах	баллы	2
Привкус	баллы	2
Цветность	градусы	20 (35)
Мутность	ЕМФ (единицы мутности по формазину) или мг/л (по каолину)	2,6 (3,5) 1,5 (2)

Радиационная безопасность питьевой воды определяется ее соответствием нормативам по показателям общей α - и β -активности, представленным в табл. 1.31.

Таблица 1.31

Норматив радиационной безопасности воды

Показатели	Единицы измерения	Нормативы	Показатель вредности
Общая α -радиоактивность	Бк/л	0,1	радиац.
Общая β -радиоактивность	Бк/л	1,0	радиац.

Контроль качества питьевой воды. Количество и периодичность проб воды в местах водозабора, отбираемых для лабораторных исследований, устанавливаются с учетом требований, указанных в табл. 1.32.

Виды определяемых показателей и количество исследуемых проб питьевой воды перед ее поступлением в распределительную сеть устанавливаются с учетом требований, указанных в табл. 1.33.

Производственный контроль качества питьевой воды в распределительной водопроводной сети проводится по микробиологическим и органолептическим показателям с частотой, указанной в табл. 1.34.

Таблица 1.32

Количество и периодичность проб воды

Виды показателей	Количество проб в течение одного года, не менее	
	для подземных источников	для поверхностных источников
Микробиологические	4 (по сезонам года)	12 (ежемесячно)
Паразитологические	не проводятся	12 (ежемесячно)
Органолептические	4 (по сезонам года)	12 (ежемесячно)
Обобщенные показатели	4 (по сезонам года)	12 (ежемесячно)
Неорганические и органические вещества	1	4 (по сезонам года)
Радиологические	1	1

Таблица 1.33

Виды определяемых показателей и количество проб воды

Виды показателей	Количество проб в течение одного года, не менее*				
	для подземных источников			для поверхностных источников	
	Численность населения, обеспечиваемого водой из данной системы водоснабжения, тыс. чел.				
	до 20	20-100	свыше 100	до 100	свыше 100
Микробиологические	50 ¹⁾	150 ²⁾	365 ³⁾	365 ³⁾	365 ³⁾
Паразитологические	не проводятся			12 ⁴⁾	12 ⁴⁾
Органолептические	50 ¹⁾	150 ²⁾	365 ³⁾	365 ³⁾	365 ³⁾
Обобщенные показатели	4 ⁴⁾	6 ⁵⁾	12 ⁶⁾	12 ⁶⁾	24 ⁷⁾
Неорганические и органические вещества	1	1	1	4 ⁴⁾	12 ⁶⁾
Показатели, связанные с технологией водоподготовки	Остаточный хлор, остаточный озон – не реже одного раза в час, остальные реагенты не реже одного раза в смену				
Радиологические	1	1	1	1	1

* Принимается следующая периодичность отбора проб воды: 1) – еженедельно, 2) – три раза в неделю, 3) – ежедневно, 4) – один раз в сезон года, 5) – один раз в два месяца, 6) – ежемесячно, 7) – два раза в месяц.

Таблица 1.34

Количество проб воды при контроле по микробиологическим и органолептическим показателям

Количество обсаживаемого населения, тыс. чел.	Количество проб в месяц
до 10	2
10-20	10
20-50	30
50-100	100
более 100	100 + 1 проба на каждые 5 тыс. чел. свыше 100 тыс. населения

§18. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения

Гигиенические требования к качеству питьевой воды при нецентрализованном водоснабжении установлены СанПиН 2.1.4.544-96.

По своему составу и свойствам вода нецентрализованного водоснабжения должна соответствовать нормативам, приведенным в табл. 1.35. Перечень контролируемых показателей качества воды может расширяться по постановлению органов и учреждений Госсанэпиднадзора Российской Федерации в зависимости от местных природных и санитарных условий.

Таблица 1.35

Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения

Показатели	Единицы измерения	Норматив
Запах	баллы	не более 2-3
Привкус	баллы	не более 2-3
Цветность	градусы	не более 30
Мутность	мг/л	не более 2
Нитраты (NO ₃)	мг/л	не более 45
Число бактерий группы кишечной палочки (коли-индекс)	количество БГКП в 1000 мл воды	не более 10
Химические вещества	мг/л	ПДК

§19. Основные функции очистных сооружений и процессы обработки воды

Все разнообразные функции, возлагаемые на очистные сооружения, могут быть сведены к следующим:

1. удаление из воды содержащихся в ней взвешенных веществ (нерастворимых примесей), что обуславливает снижение ее мутности; этот процесс носит название осветление воды;
2. устранение веществ, обуславливающих цветность воды, – обесцвечивание воды;
3. уничтожение содержащихся в воде бактерий, в том числе болезнетворных – обеззараживание воды;
4. удаление из воды катионов кальция и магния – умягчение воды; снижение общего солесодержания в воде – обессоливание воды; частичное обессоливание воды до остаточной концентрации солей не более 1000 мг/л носит название опреснения воды.

В некоторых случаях может производиться удаление отдельных видов солей (обескремнивание, обезжелезивание и т.п.).

Степень необходимой глубины осветления, обесцвечивания, обессоливания воды зависит от характера ее использования.

На очистные сооружения могут быть возложены также отдельные специальные функции – удаление растворенных в воде газов (дегазация),

устранение запахов и привкусов природной воды и др.

В некоторых случаях, в соответствии с требованиями производственных потребителей, условиями эксплуатации водопроводов или для успешного проведения операций по самой очистке воды, необходима специальная обработка воды для достижения требуемого значения рН, придания воде свойств стабильности и т.п.

Часть операций по обработке воды может быть отнесена к процессам собственно очистки воды: устранение мутности, цветности, удаление планктона, бактерий и избыточного количества растворенных солей. Но такие операции, как стабилизация воды, поддержание требуемого значения рН, имеющие целью придать воде свойства, необходимые для предотвращения коррозии трубопроводов, успешного протекания коагулирования воды и т.п., уже не могут быть отнесены к процессам очистки воды. Таким образом, понятие «обработка» воды является более общим, чем понятие «очистка» воды. Очистка воды – это частный случай ее обработки.

Для отдельных видов потребителей очистные сооружения должны выполнять комплексно несколько из указанных функций. Например, в хозяйственно-питьевых водопроводах, использующих речную воду, на очистные сооружения возложены задачи осветления, обесцвечивания, устранения запахов и привкусов воды, а иногда одновременно и ее умягчения.

Решение всех поставленных перед очистными сооружениями задач может проводиться путем использования различных технологических приемов. Так, осветление воды может быть достигнуто путем отстаивания и фильтрования ее, причем отстаивание может быть простым механическим, когда очищаемая вода проходит через специальные бассейны (отстойники) с весьма малой скоростью. Время осаждения взвешенных частиц зависит от их размеров. Чем мельче частицы, тем больше времени потребуются для их осаждения; коллоидные частицы могут находиться во взвешенном состоянии неопределенно долгое время. Для осаждения коллоидных частиц, а также вообще для ускорения процесса осаждения взвеси применяют коагулирование. В воду, подлежащую осветлению, вводят химические реагенты (коагулянты), способствующие связыванию частиц, обуславливающих мутность, в крупные хлопья, что ускоряет их выпадение в отстойниках.

В ряде случаев воду для глубокого осветления после отстойников направляют на фильтры, где она дополнительно осветляется, проходя через слои фильтрующего материала. Такая двухступенчатая система осветления широко применяется при очистке речной воды, используемой для питьевого водоснабжения.

В зависимости от исходного качества воды удаление взвешенных веществ может осуществляться не отстаиванием, а флотацией, при которой осветление происходит в результате выноса взвеси на поверхность воды пузырьками воздуха. Для создания пузырьков воздуха в части осветляемой воды (около 10%) растворяют под давлением воздух и подают ее в остальную

часть осветляемой воды, находящуюся под атмосферным давлением. При этом из насыщенной воздухом воды выделяются мельчайшие пузырьки, флотирующие взвесь.

Для задержания находящихся в воде взвешенных частиц применяют также специальный метод осветления, при котором вода после коагулирования пропускается через слой взвешенных хлопьев, выпадающих в результате задержания частиц взвеси в осадок. Коагулирование одновременно способствует повышению эффективности процесса фильтрования воды. Коагулирование воды с последующим ее отстаиванием и фильтрованием позволяет осуществить также и обесцвечивание воды.

Для некоторых производств, не требующих прозрачной воды, оказывается достаточным освобождение ее лишь от наиболее крупных взвешенных частиц, а также плавающих предметов. В этих случаях применяют грубую механическую очистку воды – процеживание, осуществляемое большей частью в водозаборных сооружениях, где для этой цели устанавливают решетки и сетки.

Попутно с осветлением вода при коагулировании и фильтровании в значительной степени освобождается от бактерий, благодаря чему повышаются ее санитарные качества.

Специальной операцией по уничтожению содержащихся в воде бактерий, в частности болезнетворных, является обеззараживание (дезинфекция) воды. Для обеззараживания применяют хлорирование, озонирование, а также бактерицидное облучение воды.

Для улучшения качества воды применяют также и другие операции: умягчение, обессоливание, дегазацию и др.

§20. Принципиальная схема комплекса очистных сооружений

Очистные сооружения являются одним из составных элементов системы водоснабжения и тесно связаны с ее остальными элементами. Вопрос о месте расположения очистной станции решается при выборе схемы водоснабжения объекта. Часто очистные сооружения располагают вблизи источника водоснабжения и, следовательно, в незначительном удалении от насосной станции I подъема.

Наибольшее распространение в практике водоочистки, особенно в городских водопроводах, имеют схемы очистных сооружений с самотечным движением воды. Вода, поданная насосами станции I подъема, самотеком проходит последовательно все очистные сооружения и поступает в сборный резервуар чистой воды, из которого забирается насосами станции II подъема. Таким образом, резервуар чистой воды непосредственно связан с комплексом очистных сооружений и должен быть расположен вблизи них, как и насосная станция II подъема.

Решению вопроса о компоновке очистных сооружений предшествует выбор схемы технологического процесса очистки воды, а также установление типа, числа и размеров отдельных сооружений (отстойников, фильтров и др.). Выбор схемы очистки воды, типа сооружений и их компоновки производится на основании требований потребителей к качеству воды и технико-экономических сравнений возможных вариантов.

В табл. 1.36 приведены рекомендации по выбору сооружений станций очистки воды, предназначенной для хозяйственно-питьевых целей.

Таблица 1.36

Рекомендации по выбору сооружений для осветления и обесцвечивания воды

Основные сооружения	Условия применения				Производительность станции, м ³ /сут.
	Мутность, мг/л		Цветность, град.		
	исходная вода	очищенная вода	исходная вода	очищенная вода	
Обработка воды с применением коагулянтов и флокулянтов					
Скорые фильтры (одноступенчатое фильтрование):					
– напорные фильтры	до 30	до 1,5	до 50	до 20	до 5000
– открытые фильтры	до 20	до 1,5	до 50	до 20	до 50000
Вертикальные отстойники – скорые фильтры	до 1500	до 1,5	до 120	до 20	до 5000
Горизонтальные отстойники – скорые фильтры	до 1500	до 1,5	до 120	до 20	св. 30000
Контактные префильтры – скорые фильтры (двухступенчатое фильтрование)	до 300	до 1,5	до 120	до 20	любая
Осветлители со взвешенным осадком – скорые фильтры	не менее 50 до 1500	до 1,5	до 120	до 20	св. 5000
Две ступени отстойников – скорые фильтры	более 1500	до 1,5	до 120	до 20	любая
Контактные осветлители	до 120	до 1,5	до 120	до 20	любая
Горизонтальные отстойники и осветлители со взвешенным осадком для частичного осветления воды	до 1500	8-15	до 120	до 40	любая
Крупнозернистые фильтры для частичного осветления воды	до 80	до 10	до 120	до 30	любая
Радиальные отстойники для предварительного осветления высокомутных вод	св. 1500	до 250	до 120	до 20	любая
Трубчатый отстойник и напорный фильтр заводского изготовления (типа «Струя»)	до 1000	до 1,5	до 120	до 20	до 800

Продолжение табл. 1.36

Основные сооружения	Условия применения				Производительность станции, м ³ /сут.
	Мутность, мг/л		Цветность, град.		
	исходная вода	очищенная вода	исходная вода	очищенная вода	
Обработка воды без применения коагулянтов и флокулянтов					
Крупнозернистые фильтры для частичного осветления воды	до 150	30-50% исходной	до 120	такая же, как исходная	любая
Радиальные отстойники для частичного осветления воды	более 1500	30-50% исходной	до 120	такая же, как исходная	любая
Медленные фильтры с механической или гидравлической регенерацией песка	до 1500	1,5	до 50	до 20	любая

Очистные станции водопроводов населенных пунктов в зависимости от качества воды источника могут осуществляться по одноступенчатой или двухступенчатой схеме. Двухступенчатая схема очистной станции (рис. 1.8) осветления, обесцвечивания и обеззараживания воды, подаваемой для хозяйственно-питьевых целей, предусматривает следующие операции: коагулирование воды, углевание, осветление ее в горизонтальных отстойниках и фильтрах с применением флокулянтов, обеззараживание с помощью хлорирования. Вместо горизонтальных отстойников могут быть использованы вертикальные отстойники со встроенными в них камерами хлопьеобразования или осветлители со взвешенным осадком; в последнем случае камеры хлопьеобразования из схемы исключаются. Для снижения цветности, привкусов и запахов одновременно с введением активированного угля или самостоятельно применяются озонирование, аэрирование и другие физико-химические методы.

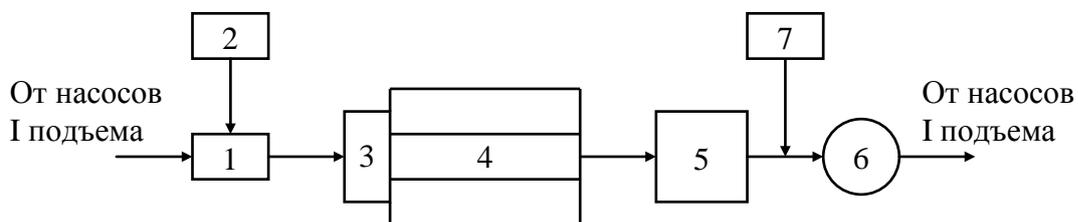


Рис. 1.8. Комплекс очистных сооружений по двухступенчатой схеме:

1 – смеситель; 2 – реагентное хозяйство; 3 – камера хлопьеобразования; 4 – отстойники; 5 – фильтры; 6 – резервуар чистой воды; 7 – хлораторная

При одноступенчатой схеме очистки воды ее осветление осуществляется на фильтрах или в контактных осветлителях без использования отстойников.

При очистке маломутных цветных вод обычно применяется одноступенчатая схема с фильтрами или контактными осветлителями без использо-

вания камер хлопьеобразования и отстойников. В последние годы получают распространение схемы очистки воды с двухступенчатым фильтрованием, с применением флотаторов вместо отстойников, с устройством аэрации в смесителях или в специальных сооружениях перед ними.

Для схемы с самотечным движением воды в очистных сооружениях следует наиболее рационально использовать рельеф местности в целях уменьшения строительной стоимости их (путем уменьшения заглубления отдельных сооружений и, следовательно, объема земляных работ, снижения стоимости фундаментов и т.п.). В связи с этим при проектировании очистных сооружений предварительно составляют так называемую высотную схему станции, уточняемую в дальнейшем. Высотная схема устанавливает взаимосвязь между уровнями воды и характерными отметками отдельных элементов очистной станции. Схему составляют, задавшись отметкой наивысшего уровня в резервуаре чистой воды. Приблизительно принимая обычные (по опыту) потери напора в отдельных сооружениях и в соединяющих их трубах, вычисляют требуемые отметки уровней воды в остальных сооружениях.

В отдельных случаях схема очистных сооружений хозяйственно-питьевых водопроводов может быть дополнена устройствами для умягчения воды, обесфторивания и др.

Схемы обработки подземных вод для хозяйственно-питьевых водопроводов в ряде случаев более просты, так как включают лишь сооружения для обеззараживания воды. При использовании подземных вод большой жесткости или содержащих железо схемы их обработки включают сооружения для умягчения или обезжелезивания воды.

Схемы очистки и обработки воды для нужд производства весьма разнообразны, как и требования к качеству воды, предъявляемые различными производственными потребителями. Для ряда потребителей эти схемы довольно просты, как, например, схемы грубого осветления воды. Отдельные же производственные потребители требуют воду такого качества, какой вообще нет в природных источниках. В этих случаях приходится применять сложные схемы, предусматривающие использование различных физических и химических методов обработки природной воды для придания ей требуемых качеств.

Некоторые виды обработки воды допускают использование схемы ее подачи через очистные сооружения под напором. При такой схеме отпадает необходимость в насосной станции II подъема, и вода после очистки под оставшимся напором может поступать к потребителю. В этом достоинство напорных схем. Однако усложнение и удорожание конструкций очистных сооружений таких схем ограничивают их применение – они экономически оправданы лишь при относительно небольших расходах очищаемой воды.

§21. Основные требования, предъявляемые к водопроводным сетям. Типы и расчет сетей

Водопроводная сеть является одним из основных элементов системы водоснабжения и неразрывно связана в работе с водоводами, насосными станциями, подающими воду в сеть, а также с регулируемыми емкостями. Она должна удовлетворять следующим основным требованиям

1. обеспечивать подачу заданных количеств воды к местам ее потребления под требуемым напором;
2. обладать достаточной степенью надежности и бесперебойности снабжения водой потребителей.

Выполняя поставленные требования, сеть должна быть запроектирована наиболее экономично, т.е. обеспечивать наименьшие приведенные затраты на строительство и эксплуатацию как самой сети, так и неразрывно связанных с ней в работе других сооружений системы.

Первой задачей, которую решают при проектировании сети, является ее трассировка, т.е. придание ей определенной геометрической формы в плане. Расположение линий водопроводной сети зависит: от характера планировки снабжаемого водой объекта, размещения отдельных потребителей воды, расположения проездов, формы и размеров жилых кварталов, цехов, типа зеленых насаждений и т.д.; от наличия естественных и искусственных препятствий для прокладки труб (рек, каналов, оврагов, железнодорожных путей и т.п.); от рельефа местности.

В практике водоснабжения используют два основных вида сетей:

1. разветвленные или тупиковые (рис. 1.9);
2. кольцевые, представляющие собой систему смежных замкнутых контуров или колец (рис. 1.10).

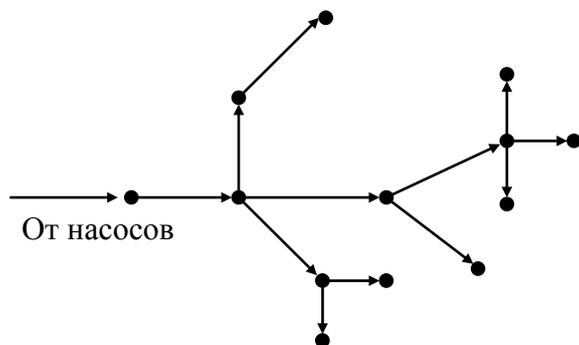


Рис. 1.9. Тупиковая сеть

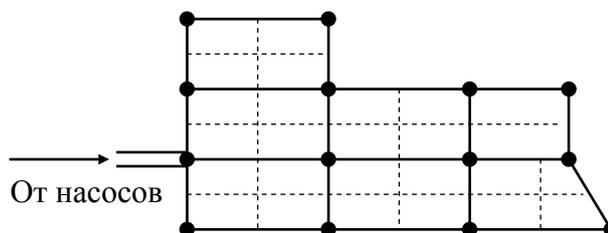


Рис. 1.10. Кольцевая сеть

Подача воды в заданных количествах в любую точку территории объекта водоснабжения может быть осуществлена как по разветвленной, так и

по кольцевой сети. Однако в отношении надежности и обеспечения бесперебойной подачи воды потребителям эти типы сетей далеко не равноценны. Авария и выключение на ремонт любого участка разветвленной сети ведут к прекращению подачи воды всем потребителям, расположенным ниже места аварии по направлению движения воды. В кольцевой сети при аварии (и выключении) любого ее участка вода может быть подана в обход по параллельно расположенным линиям. При этом нарушается снабжение водой только тех потребителей, которые присоединены к выключенному участку.

Для большинства объектов водоснабжения – как городов, так и промышленных предприятий – в соответствии с их требованиями к надежности систем подачи воды устраивают кольцевые водопроводные сети. Тупиковые (разветвленные) линии водопроводов допускается применять:

1. для подачи воды на производственные нужды – при допустимости перерыва в водоснабжении на время ликвидации аварии;
2. для подачи воды на хозяйственно-питьевые нужды – при диаметре труб не свыше 100 мм;
3. для подачи воды на противопожарные или на хозяйственно-противопожарные нужды независимо от расхода воды на пожаротушение – при длине линий не свыше 200 м.

В населенных пунктах с числом жителей до 5000 чел. и расходом воды на наружное пожаротушение до 10 л/с или при количестве внутренних пожарных кранов в здании до 12 допускаются тупиковые линии длиной более 200 м при условии устройства противопожарных резервуаров или водоемов, водонапорной башни или контррезервуара в конце тупика.

Кроме того, разветвленные сети часто используют в крупных районных водопроводах, снабжающих ряд объектов, отстоящих друг от друга на значительных расстояниях. В таких системах надежность водоснабжения обеспечивается установкой местных резервуаров достаточной вместимости, что обычно экономичнее устройства кольцевой сети.

В городских водопроводах для подачи воды к домовым ответвлениям водопроводные линии приходится прокладывать почти по каждой улице, поэтому сеть в целом принимает форму смежных замкнутых контуров, определяемую в основном планировкой города. При этом в отношении транспортирования воды не все линии сети равноценны. В любой кольцевой сети можно наметить основные направления движения воды, определяемые формой территории объекта, а также местами расположения точек питания (точек присоединения водоводов и водонапорных башен) и крупных водопотребителей.

Из общей массы линий, составляющих водопроводную сеть, обычно выделяется система магистральных линий, основной задачей которых является транспортирование воды транзитом в более удаленные районы снабжаемой территории. Магистралы выбираются из числа линий, идущих в направлении движения основных масс воды. При трассировке магистралей стремятся к тому, чтобы подача воды в отдельные районы города и к отдельным

крупным потребителям происходила кратчайшим путем.

Система основных транзитных магистралей соединяется рядом поперечных соединительных линий (перемычек) также магистрального значения, служащих для выравнивания загрузки основных продольных магистралей и обеспечения надежности работы системы. В случае аварии на одной из магистральных линий кольцевой сети вода по соединительным ветвям поступает в другую параллельную магистраль. Остальные линии, присоединенные к магистральной сети и получающие воду из нее, составляют так называемую распределительную сеть. Основная задача этой сети – непосредственная подача воды к отдельным домовым ответвлениям, а также подвод воды к пожарным гидрантам во время пожара.

Известное влияние на выбор трассы магистралей оказывает рельеф местности. Магистральные линии по возможности следует прокладывать по наиболее возвышенным точкам территории. При этих условиях наличие достаточных свободных напоров в магистральной сети обеспечивает создание достаточных напоров и в распределительной сети, питающейся от магистральной и располагаемой на более низких отметках.

Рассчитывают обычно лишь сеть магистральных линий. Что касается линий распределительной сети, то их диаметры принимают в зависимости от размеров пожарного расхода воды. Наружные сети производственных водопроводов обычно не делят на магистральные и распределительные, и вся запроектированная сеть полностью подвергается расчету.

Гидравлический расчет водопроводной сети сводится к выбору экономически выгодных диаметров труб и определению потерь напора на ее участках. Знание общей потери напора необходимо для вычисления высоты водонапорной башни, потребного напора насосов, питающих сеть.

Выбор экономически выгодных диаметров труб предполагает предварительное решение задач по выбору системы и схемы водоснабжения объекта, расположения насосных станций, напорно-регулирующих резервуаров, башен и крупных водопотребителей. До начала расчета должна быть выполнена трассировка водопроводной сети, установлены точки подключения водопотребителей с сосредоточенными отборами воды, определены места пересечений и ответвлений магистральной сети. Кроме того, должно быть определено максимальное суточное и соответствующее ему почасовое водопотребления объекта, установлены режимы подачи в сеть и отбор воды из сети, а также приняты расчетные режимы ее работы.

При решении указанных задач по подготовке к расчету сети обычно пользуются упрощенными условными схемами водопроводной сети. Наиболее часто принимается такая условная расчетная схема отдачи воды, при которой отдельными узловыми точками с сосредоточенным водоотбором намечаются места подключения водоводов от насосной станции и от водопроводной башни, отбора воды крупными водопотребителями и зоны пересечений и ответвлений магистральных линий, а водоотбор остальных водопотребителей

(население, поливка улиц, площадей и зеленых насаждений) предполагается равномерным по длине магистральной сети (сети, подлежащей расчету) с отбором его в узловых точках расчетных участков.

Схема вычерчивается без масштаба, с сохранением конфигурации сети. На схеме указывают узловые расходы (расчетные или сосредоточенные и приведенные к узловым путевые расходы, а часто и те и другие), длины расчетных участков с учетом одно- и двухсторонней отдачи воды, а также предполагаемое потокораспределение.

При этом условно считают, что водоотдача каждого участка сети пропорциональна его длине при постоянном удельном расходе, определяемом по выражению

$$q_{y\partial} = \frac{Q_n \cdot K_q}{24 \cdot 3,6 \cdot \sum l}, \text{ (л/с)/м,} \quad (1.27)$$

где Q_n – путевой расход воды на хозяйственно-питьевые нужды и на полив в населенном пункте, отбираемой из сети рассредоточенными потребителями, л/сут;

$$Q_n = Q - Q_c, \text{ м}^3/\text{сут.}, \quad (1.28)$$

здесь Q – полный расход воды потребителями, м³/сут;

Q_c – сосредоточенный расход воды, отбираемой из сети крупными потребителями, входящими в норму водопотребления (бани, прачечные и др.), м³/сут;

K_q – коэффициент часовой неравномерности водопотребления;

$\sum l$ – общая расчетная длина магистральной сети, из которой осуществляется водоотбор, м.

Если величина расхода воды из сети рассредоточенными водопотребителями различная для различных районов города (в зависимости от плотности населения, благоустройства и т.д.), удельный расход $q_{y\partial}$ определяют отдельно для участков сети, проходящих по территории этих районов. Участки сети, служащие только для транспортирования воды, а не для ее раздачи, в расчетную длину $\sum l$ не включают.

При определении удельных расходов $q_{y\partial}$ следует помнить, что величина их изменяется в соответствии с графиком водопотребления и будет различна для различных расчетных режимов и, следовательно, должна вычисляться для каждого случая отдельно.

Исходя из вышеуказанных соображений, водоотдача участков сети (путевой расход участка) определяется по формулам:

– с односторонней подачей

$$Q_n = q_{y\partial} \cdot l_{yч}, \text{ л/с;} \quad (1.29)$$

– с двухсторонней подачей

$$Q_n = 2 \cdot q_{y\partial} \cdot l_{yч}, \text{ л/с;} \quad (1.30)$$

где $l_{yч}$ – длина расчетного участка, м, т.е. участка между двумя узловыми

точками – точками подключения водоводов от насосных станций, водонапорных башен, крупных водопотребителей, пересечения и ответвления магистральных линий.

Отбор путевых расходов, как указывалось выше, предполагается в узловых точках, к которым примыкают расчетные участки. При этом для упрощения расчетов принимают, что в каждом узле сети потребляется расход, состоящий из путевого расхода, равного половине расходов, отбираемых из участков, примыкающих к данному узлу, и собственного сосредоточенного расхода (если крупный водопотребитель расположен в данном узле). Таким образом, расчетный узловый расход любой узловой точки сети будет определяться по формуле

$$Q_i = Q_{ci} + \frac{1}{2} \cdot \sum_1^N Q_{ni}, \text{ м}^3, \quad (1.31)$$

где N – количество расчетных участков, примыкающих к рассматриваемому (i -му) узлу.

Наиболее ответственной операцией по подготовке сети к расчету по выбору диаметров труб является назначение начального распределения потоков воды по расчетным участкам.

Для разветвленных водопроводных сетей эта операция не является сложной, так как решается однозначно – направление потока воды в этом случае практически определяется только конфигурацией сети и расположением водопитателей (насосных станций, башен). Для кольцевых водопроводных сетей эта задача более сложна, так как должна удовлетворять требованиям надежности и экономичности системы при условии, что отборы воды в узлах могут быть обеспечены при неограниченном числе вариантов распределения воды по расчетным участкам сети. Исходя из сказанного, для кольцевых водопроводных сетей при назначении первоначального потокораспределения общей рекомендацией может быть положение о равной или близкой пропускной способности параллельно расположенных магистралей, об их взаимозаменяемости при аварии и постоянной их нагрузке. При этом следует учитывать, что и системах с несколькими водопитателями, а также с контр-резервуаром потокораспределение как по расходам, так и по направлению при различных режимах будет различным. Поэтому начальное потокораспределение в таких сетях необходимо намечать для двух расчетных случаев: для режима максимального водопотребления и для режима максимального транзита воды в башню. Для системы водоснабжения с башней в начале сети определяющим является потокораспределение при максимальном водопотреблении. Начальное потокораспределение для каждого расчетного случая следует производить по первому закону Кирхгофа, выраженному уравнением

$$\sum q_{i-k} + Q_i = 0, \quad (1.32)$$

где $\sum q_{i-k}$ – сумма расходов воды в расчетных участках, примыкающих к расчетному узлу, м^3 ;

Q_i – сосредоточенный отбор воды в рассматриваемом (i -м) узле, м³.

По намеченным величинам расходов принятого потокораспределения расчетного режима для каждого участка на основании полного технико-экономического расчета выбирают диаметры труб водопроводной сети и водоводов, с учетом условий их работы при аварийном выключении отдельных участков. Однако такой расчет трудоемок, а из-за непрерывного изменения характера работы отдельных участков не гарантирует точного отражения действительных колебаний расхода энергии, затрачиваемой на работу системы. Поэтому на практике широко используются различные приближенные способы технико-экономического расчета кольцевых сетей рассматривающие отдельный участок сети как работающий независимо от остальных участков, которые в достаточной степени учитывают экономические факторы.

Общее выражение для определения наиболее выгодного диаметра участка кольцевой водопроводной сети имеет вид

$$d_{ik} = (\mathcal{E} \cdot Q \cdot \chi_{ik})^{\frac{1}{\alpha+m}} \cdot (q_{ik})^{\beta+1}, \quad (1.33)$$

где \mathcal{E} – экономический фактор, включающий экономические характеристики и некоторые гидравлические и режимные показатели,

$$\mathcal{E} = \frac{24 \cdot 365}{102} \cdot 10^3 \cdot \frac{\sigma}{\alpha \cdot \eta} \cdot \frac{\gamma \cdot k \cdot m}{b \cdot \left(\frac{1}{T} + \frac{R}{100} \right)}, \quad (1.34)$$

здесь σ – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб.;

α – показатель степени, характеризующий режим работы труб. Принимается по данным табл. 1.37-1.38;

η – коэффициент полезного действия насосных станций, подающих воду в сеть. Принимается по данным табл. 1.39;

Таблица 1.37

Значение коэффициентов α и b по данным Н.Н. Абрамова

Тип и класс труб	b	α
Чугунные (ЛА, А, Б):		
– $d \leq 500$ мм	114	1,5
– $d > 500$ мм	118	1,6
Стальные:		
– $d \leq 500$ мм	95	1,6
– $d > 500$ мм	122	1,7
Асбестоцементные $d \leq 500$ мм:		
– ВТ-3	50	1,8
– ВТ-6	60	
– ВТ-9	90	
Асбестоцементные $d > 500$ мм:		
– ВТ-3	65	1,3
– ВТ-6	78	
– ВТ-9	117	
Железобетонные	44	2,4

Таблица 1.38

Значение коэффициентов α и b по данным А.Е. Белана

Тип и класс труб	b	α
Чугунные (ЛА, А, Б):		
– для водоводов	107	1,6
– для сети	130	
Стальные:		
– для водоводов	53	1,4
– для сети	61	
Асбестоцементные для водоводов:		
– ВТ-6	54	1,95
– ВТ-9	78	
– ВТ-12	85	
Асбестоцементные для сети:		
– ВТ-6	80	1,95
– ВТ-9	107	
– ВТ-12	115	
Пластмассовые для водоводов:		
– СЛ	150	1,95
– С	210	
– Т	306	
Пластмассовые для сети:		
– СЛ	174	1,95
– С	240	
– СЛ	336	

Таблица 1.39

Значение коэффициентов и показателей степеней для труб из различных материалов

Трубы	η	β	k^*	m	$R, \%$
Чугунные		2	$\frac{0,00148}{0,001735}$	5,3	3,3
Стальные	0,7	2	$\frac{0,00148}{0,001795}$	5,3	4,6
Асбестоцементные	0,8	2	0,00091	5,19	7,3
Пластмассовые		1,774	0,00105	4,774	4,6
Железобетонные		2	$\frac{0,00148}{0,001735}$	5,3	3,3

* В числителе приведены значения при скорости движения воды $v < 1,2$ м/с, в знаменателе – при $v \geq 1,2$ м/с.

γ – коэффициент неравномерности расходования электроэнергии,

$$\gamma = \frac{1}{(K_o \cdot K_{сум} \cdot K_u)^{\beta+1}}, \quad (1.35)$$

здесь K_o – коэффициент, учитывающий возможный рост во-

- допотребления по годам в течение срока действия водопровода. Принимается равным $K_o = 1,01-1,03$;
- $K_{сут}$ – коэффициент суточной неравномерности водопотребления;
- $K_ч$ – коэффициент часовой неравномерности водопотребления;
- β – показатель степени, характеризующий режим работы труб. Принимается по данным табл. 1.39;
- b – коэффициент в формуле $c = d_o + b \cdot d_i^\alpha$, определяющей стоимость прокладки 1 м трубопровода диаметром d_i . Принимается по данным табл. 1.37-1.38;
- k, m – коэффициент и показатель степени в формуле $i = k \cdot \frac{q_i^n}{d_i^m}$, определяющей гидравлический уклон в трубопроводе диаметром d_i при пропуске по нему расхода воды q_i . Принимаются по данным табл. 1.39;
- T – срок окупаемости системы водоснабжения. Принимается равным $T = 7$ лет;
- R – сумма амортизационных отчислений, в процентах от строительной стоимости данной линии. Принимается по данным табл. 1.39;
- Q – полный расход, подаваемый насосами в сеть, м³;
- χ_{ik} – коэффициент, учитывающий роль рассматриваемого участка в расходовании энергии на подачу воды. При приближенных расчетах принимается пропорционально количествам воды, проходящим по участку;
- q_{ik} – расчетный расход рассматриваемого участка, м³, принятый в соответствии с начальным потокораспределением.

В случае если в результате расчета по приведенным выше зависимостям наиболее экономически выгодный диаметр получают таким, которого нет в сортаменте данного типа труб, то принимают ближайший больший или меньший. Минимальный диаметр труб водопровода, объединенного с противопожарным, в населенных пунктах и на промышленных предприятиях должен быть не менее 100 мм, в сельских населенных пунктах – не менее 75 мм.

При выборе диаметров труб рекомендуется пользоваться таблицами предельных расходов (см. табл. 1.40), где приведены значения расходов, для которых данный стандартный диаметр является наиболее выгодным при определенных значениях экономического фактора \mathcal{E} . Для пользования таблицей следует вычислить величину предельных расходов по формуле

$$q_{np} = \beta+1 \sqrt{\frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}_{cp}}} \cdot \beta+1 \sqrt{\frac{Q \cdot \chi_{ik}}{q_{ik}}} \cdot q_{ik}, \quad (1.36)$$

Таблица 1.40

Предельные расходы q_{np} , л/с, при значениях экономического фактора $\mathcal{E}_m = 0,75$

Диаметры условного прохода, мм	Чугунные трубы	Стальные трубы	Асбестоцементные трубы	Пластмассовые трубы	Железобетонные трубы
100	4,4-7,3	8,1-11,7	3,3-5,9	2,6-4,4	–
125	7,3-11,6	11,7-16,6	5,9-8,9	4,4-7,0	–
150	11,6-19,6	16,6-21,8	8,9-15,2	7,0-13,2	–
175	–	21,8-29,2	–	–	–
200	19,6-35,5	29,2-46,0	15,2-28,3	13,2-31,1	–
250	35,5-57,0	46,0-71,0	28,3-45,7	31,1-49,9	–
300	57,0-83,8	71,0-103,0	45,7-66,3	49,9	–
350	83,8-116,0	103,0-140,0	66,3-92,7	–	–
400	116,0-153,0	140,0-184,0	92,7-140,0	–	–
450	153,0-197,0	184,0-234,0	–	–	–
500	197,0-273,0	234,0-315,0	140,0	–	–
600	273,0-402,0	315,0-443,0	–	–	228,0-356,0
700	402,0-560,0	443,0-591,0	–	–	356,0-519,0
800	560,0-749,0	591,0-776,0	–	–	519,0-725,0
900	749,0-970,0	776,0-987,0	–	–	725,0-969,0
1000	970,0-1338,0	987,0-1335,0	–	–	969,0-1406,0
1200	1338,0	1335,0-1919,0	–	–	1406,0-2191,0
1400	–	1919,0-2455,0	–	–	2191,0-2949,0
1500	–	2455,0-2838,0	–	–	2949,0-3515,0
1600	–	2838,0	–	–	3515,0-4455,0

где \mathcal{E}_{cp} – среднее значение экономического фактора, учитывающего район расположения объекта водоснабжения. Принимается равным 0,5 – для Сибири и Урала, 0,75 – для центральных и западных и 1,0 – для южных районов европейской части России;

\mathcal{E} – экономический, фактор, вычисленный для рассматриваемого участка сети по формуле (1.34).

Значения предельных расходов в табл. 1.40 приведены при среднем значении экономического фактора $\mathcal{E}_{cp} = 0,75$. Для значения $\mathcal{E}_{cp} = 0,5$ и 1,0 предельные расходы могут быть определены по формуле

$$q_{np} = q_{ik} \cdot \left(\frac{\mathcal{E}_\phi}{\mathcal{E}_m} \right)^{\frac{1}{\beta+1}}, \quad (1.37)$$

где q_{ik} – расход воды, протекающей по участку трубопровода;

\mathcal{E}_ϕ – среднее значение экономического фактора, для рассматриваемых условий;

\mathcal{E}_m – среднее значение экономического фактора, для условий которым отвечает табл. 1.40.

§22. Зонирование систем водоснабжения

В отдельных случаях характер планировки снабжаемых водой объектов и рельеф местности, на которой они расположены, вызывают необходимость отбора воды потребителями на различных высотных отметках. Снабжение водой подобных объектов обуславливает необходимость создания таких систем подачи воды, которые могут обеспечить наиболее экономичный способ удовлетворения потребностей в воде всего комплекса потребителей. Снижение затрат на эксплуатацию системы в подобных условиях может быть достигнуто путем разделения территории объекта на две или несколько «высотных зон» по различным наибольшим допустимым давлениям в сетях.

Число зон и очертания в плане их территорий определяются в зависимости от разницы геодезических отметок и требуемых напоров в их сетях, а также от планировки территории объекта. Можно выделить два основных типа зонных систем:

1. системы «параллельного зонирования», в которых зоны А и Б включаются параллельно и вода подается от головных сооружений в каждую зону отдельно (рис. 1.11, а);
2. системы «последовательного зонирования», в которых вода подается в нижнюю зону А, проходит через нее транзитом и подается далее с подкачкой насосами в сеть верхней зоны Б (рис. 1.11, б).

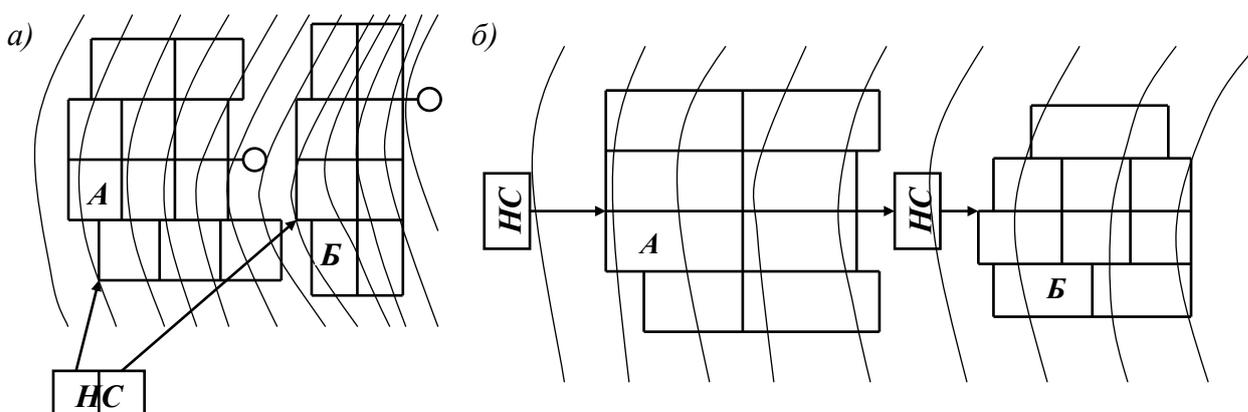


Рис. 1.11. Системы зонирования водопровода

Недостатком системы последовательного зонирования является необходимость устройства отдельно стоящей насосной станции для каждой дополнительной зоны, что связано с увеличением затрат на строительство и затрат на содержание обслуживающего персонала. Надежность этих систем ниже, чем систем параллельного зонирования, в которых подача воды в каждую зону производится по самостоятельным водоводам. К недостаткам систем параллельного зонирования относится увеличение строительной стоимости водоводов вследствие увеличения их суммарной длины.

Целесообразность зонирования может обуславливаться как характером рельефа местности и разницей геодезических отметок в узлах отбора во-

ды, так и величинами требуемых напоров, а также допустимых давлений, создаваемых в точках отбора воды различными потребителями или группой потребителей. В ряде случаев зонирование систем водоснабжения оказывается целесообразным исключительно по экономическим соображениям даже тогда, когда оно не диктуется необходимостью избегать в сети давления, превышающие допустимые.

При проектировании зонного водопровода основным вопросом является выбор числа зон и схемы зонирования. По чисто техническим соображениям число зон определяется из необходимости обеспечения в сети напоров, допустимых по условиям эксплуатации водопровода. Расчетная «высота зоны», т.е. разность отметок местности в пределах зоны $\Delta z = z_{\max} - z_{\min}$, м, не должна превышать

$$\Delta z_{кр} = H_{\max} - H_{св} - h_{\max}, \text{ м}, \quad (1.38)$$

где H_{\max} – максимальный напор, который может быть допущен в водопроводной сети, м;

$H_{св}$ – требуемый свободный напор в пределах территории снабжаемого водой объекта, м;

h_{\max} – возможные наибольшие потери напора в сети, м.

Таким образом, задаваясь величиной H_{\max} , зная отметки местности z , требуемые свободные напоры $H_{св}$ в пределах территории снабжаемого водой объекта и принимая ориентировочно возможные наибольшие потери напора в сети h_{\max} , можно установить, является ли зонирование необходимым. Например, если разность $\Delta z_{кр}$, вычисленная по формуле (1.38), будет превышать наибольшую разность геодезических отметок Δz в пределах обслуживаемой территории, то, очевидно, система должна быть разбита на зоны.

Если зонирование принимается из экономических соображений – с целью сокращения стоимости энергии, затрачиваемой на подъем воды, то, очевидно, экономически выгодное число зон будет соответствовать минимальной величине приведенных затрат на строительство и эксплуатацию системы. Анализ показывает, что экономически выгодное число зон растет с увеличением стоимости электроэнергии, общей производительности водопровода и максимальной разности отметок обслуживаемой территории. Расчетная «высота зоны» уменьшается с увеличением суммарного расхода воды снабжаемым объектом и стоимости энергии и увеличивается с увеличением общей разности геодезических отметок в пределах территории объекта.

Ввиду большого числа и разнообразия факторов, влияющих на высоту зоны, экономически выгодные ее величины могут колебаться в широких пределах. Для малых городов с незначительным расходом воды в зависимости от стоимости энергии высота зоны достигает 60-100 м и более, т.е. превосходит значение, предельно допустимое по техническим соображениям. В больших городах экономически выгодная высота зоны падает до 25-40 м. Отсюда можно заключить, что для объектов с малым расходом воды выбор числа зон

диктуется преимущественно техническими соображениями (соблюдением допустимых давлений); по экономическим же соображениям зонирование целесообразно для объектов с относительно большим водопотреблением.

Выбор типа зонирования зависит в основном от конфигурации обслуживаемой территории и рельефа местности. Параллельное зонирование обычно более рационально для городов с территорией, вытянутой вдоль горизонталей, так как в этом случае протяженность водоводов от насосной станции до каждой из зон будет сравнительно невелика. При застройке, вытянутой в направлении, перпендикулярном горизонталям, обычно более рентабельно зонирование по последовательной схеме, так как увеличение числа насосных станций может потребовать меньших затрат, чем укладка дополнительных водоводов значительного в данном случае протяжения.

Зонирование водопроводных сетей по условиям допустимых давлений может быть применено не только при большой разности отметок обслуживаемой территории, но и при значительном протяжении сети на местности с плоским рельефом. Увеличение давления в начальных точках сети из-за больших потерь напора может привести к недопустимым по техническим соображениям давлениям в трубах, а также к чрезмерно большим напорам насосов. Зонирование таких систем называют иногда «горизонтальным» в противоположность «вертикальному» зонированию системы на местности с резко выраженным рельефом. Горизонтальное зонирование из-за значительной длины зон, обуславливаемой относительно медленным нарастанием потерь напора, всегда целесообразнее устраивать по последовательной схеме.

Своеобразные системы зонных водопроводов устраиваются при расположении источника на отметках, превышающих отметки обслуживаемой территории, т.е. при подаче воды самотеком. Если создаваемый напор приводит к чрезмерно высоким давлениям в нижних частях единой сети, то устраивают систему «обратного зонирования», разделяя сеть на две или несколько зон с промежуточными резервуарами, обслуживающими ближайшую нижнюю зону и подающими воду от верхней зоны. Эти резервуары играют роль «гасителей» избыточного напора. Такие системы применяют в городах, расположенных в гористых местностях.

§23. Основные виды систем транспортирования воды на территорию снабжаемого объекта

Основными видами транспортирующих воду сооружений являются:

- а) напорные водоводы (трубопроводы, работающие полным сечением):
 - гравитационные напорные водоводы – подача воды осуществляется из высокорасположенных природных источников;
 - нагнетательные водоводы – подача воды осуществляется насосами;
- б) безнапорные водоводы (работающие неполным сечением);
- в) открытые каналы.

Тип сооружений, транспортирующих воду от природного источника на территорию снабжаемого объекта, зависит от количества подаваемой воды, расстояния подачи, разницы отметок начальной и конечной точек пути подачи воды, назначения водоснабжения, рельефа местности по пути подачи, заданного режима транспортирования воды, а также от специальных требований снабжаемого объекта. Наиболее широкое распространение в практике водоснабжения имеют напорные водоводы, т.е. линии, работающие полным сечением труб.

Гравитационные (самотечные) водоводы, работающие неполным сечением, требуют выбора такой трассы, при которой может быть осуществлено безнапорное движение воды (со свободной поверхностью воды). Единичная стоимость таких водоводов меньше, чем напорных, но увеличение протяженности их трассы, обеспечивающей требуемые уклоны, может вызвать значительное увеличение длины водоводов и соответственно их общей строительной стоимости. Гравитационные водоводы не требуют затрат средств на электроэнергию, необходимую для работы насосов.

Открытые каналы, представляющие собой искусственные русла потока воды, используются обычно для дальних передач больших количеств воды. Эти каналы требуют устройства на них ряда специальных сооружений.

§24. Системы напорных водоводов

Гравитационные (самотечные) напорные водоводы. Основными данными для расчета системы являются: полный расчетный расход подаваемой воды Q , соответствующий принятому сроку эксплуатации системы до ее очередного расширения, а также располагаемый напор H_0 . В процессе проектирования транспортирующей системы решают следующие основные задачи:

1. выбрать трассу водоводов и тип используемых труб;
2. выбрать число параллельно работающих линий;
3. определить диаметры труб.

Первая задача имеет целью найти трассу наименьшей возможной протяженности, проходящую по местности с относительно спокойным рельефом и с наименьшим числом пересечений водных протоков, оврагов, дорог и т.п. Выбор оптимальной трассы производится на основании результатов топографических и геодезических съемок по намеченным возможным вариантам трассы. Тип используемых труб выбирается в зависимости от расчетных внутренних давлений и от условий укладки.

Вторая и третья задачи решаются во взаимной увязке. Чем больше число параллельно работающих линий, тем больше надежность функционирования системы подачи воды, но одновременно больше и ее стоимость.

При транспортировании всего количества подаваемой воды по одной линии в случае ее серьезного повреждения полностью прекращается подача воды объекту на все время ремонтных работ по ликвидации последствий ава-

рии. Поэтому обычно для подачи воды от источника к объекту укладывается не менее двух параллельно работающих линий. Увеличение числа параллельно работающих линий («ниток» водовода) снижает влияние аварии одной из них на количество подаваемой объекту воды.

Рассмотрим систему гравитационного напорного водовода, включающего m параллельно проложенных линий. Источником водоснабжения является озеро или водохранилище, расположенное на высоких отметках местности. Известна постоянная отметка уровня воды в источнике z и заданная отметка z_o разлива воды в бак водонапорной башни города, расположенной в конечной точке водовода при его входе на территорию объекта снабжения. Величина напора $h = z - z_o$ может быть истрачена на преодоление потерь напора в водоводе.

Предположим, что полный подаваемый в город расход воды составляет Q . Расход воды на одну линию Q/m . Предполагая, что все m водоводов имеют одинаковый диаметр и длину, получим потерю напора в системе транспортирования воды

$$h = s \cdot \left(\frac{Q}{m} \right)^2 = \frac{s}{m^2} \cdot Q^2, \text{ м}, \quad (1.39)$$

где s – гидравлическое сопротивление каждой из линий.

При аварии одной из линий потеря напора в системе будет

$$h_a = s \cdot \left(\frac{Q_a}{m-1} \right)^2 = \frac{s}{(m-1)^2} \cdot Q_a^2, \text{ м}, \quad (1.40)$$

где Q_a – расход воды в системе при аварии, м^3 .

Для рассматриваемой системы всегда будем иметь $h = h_a$, но $Q \neq Q_a$, следовательно,

$$Q_a = \frac{m-1}{m} \cdot Q = \alpha \cdot Q, \text{ м}^3. \quad (1.41)$$

где α – коэффициент. Принимается при $m = 2$ равным $\alpha = 0,5$; при $m = 3$ – $\alpha = 0,67$; при $m = 4$ – $\alpha = 0,75$.

Подача воды по системе (при постоянном давлении в начальной точке водовода) будет снижаться при аварии одной из m линий в $1/\alpha$ раз, т.е. при $\alpha = 0,5$ в 2 раза, а при $\alpha = 0,8$ в 1,25 раза.

В практике широко используется относительно дешевый способ повышения бесперебойности работы системы водоводов путем устройства перемычек между отдельными линиями (рис. 1.12). В такой системе при любом повреждении одной из линий из работы выключается для ремонта не вся линия, а только один (поврежденный) ее участок. Обозначив число линий через m , получим в общем виде выражение потери напора в системе:

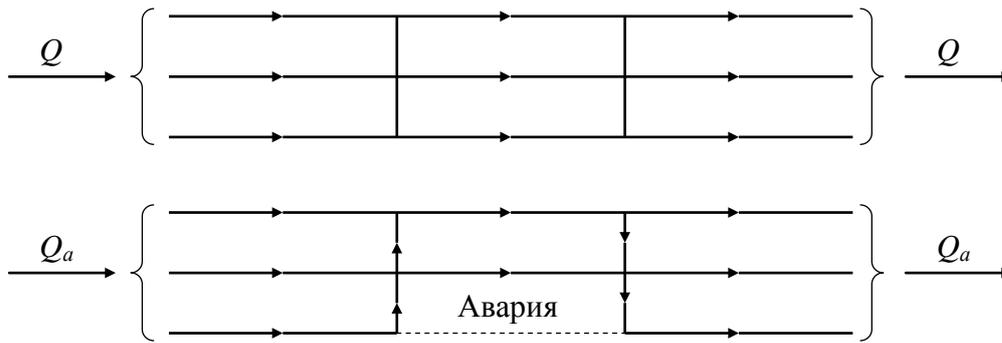


Рис. 1.12. Схема движения воды в системе из трех линий и перемычек

а) в исправном состоянии

$$h = s \cdot (N + 1) \cdot \left(\frac{Q}{m}\right)^2 = \left(s \cdot \frac{N + 1}{m^2}\right) \cdot Q^2, \text{ м}; \quad (1.42)$$

б) при аварии (и выключении одного из участков)

$$h_a = s \cdot \left(\frac{Q_a}{m}\right)^2 \cdot N + s \cdot \left(\frac{Q_a}{m-1}\right)^2 = \left[s \cdot \frac{N}{m^2} + s \cdot \frac{1}{(m-1)^2}\right] \cdot Q_a^2, \text{ м}. \quad (1.43)$$

Отсюда можно получить следующую зависимость

$$\alpha = \frac{Q_a}{Q} = \sqrt{\frac{N \cdot (m-1)^2 + (m-1)^2}{N \cdot (m-1)^2 + m^2}}. \quad (1.44)$$

Численные значения α для различных m и N даны в табл. 1.41. Очевидно, что бесперебойность транспортирования воды возрастает с увеличением числа параллельно уложенных линий и перемычек между ними.

Таблица 1.41

Значения коэффициента α

m	Значения коэффициента α при N				
	0	2	3	5	9
2	0,50	0,71	0,76	0,82	0,88
3	0,67	0,84	0,87	0,92	0,95
4	0,75	0,89	0,91	0,94	0,96

Особенности проектирования нагнетательных водоводов. Нагнетательные водоводы так же, как и рассмотренные гравитационные, работают полным сечением, т.е. являются напорными. Подача воды по ним осуществляется, как правило, центробежными насосами. При этом подача (расход) Q_n и напор H_n , создаваемый насосами в начальной точке водовода, являются взаимосвязанными величинами (в отличие от гравитационных водоводов). Изменение отбора воды из водовода отражается на напоре в начальной точке водовода. Действительный расход воды, подаваемой по водоводу, определяется для подобных систем путем совмещения характеристической кривой используемого насоса $H_n = f(Q_n)$ с кривой $H_o + \sum h = f(Q)$ водовода.

§25. Безнапорные водопроводные каналы

Открытые водопроводные каналы располагаются на местности с учетом данных топографических и геологических изысканий. Канал должен иметь по возможности равномерный уклон на всей длине. Величина уклона, обуславливаемая скоростью движения воды в канале, лимитируется целым рядом условий. Слишком малые уклоны и, следовательно, малые скорости вызывают (при заданном расходе) увеличение площади поперечного сечения канала и тем самым увеличение его строительной стоимости. Кроме того, при малых скоростях может происходить заиливание и зарастание канала. Чрезмерно большие уклоны могут вызвать возрастание скоростей до пределов, приводящих к размыву канала. Верхние пределы расчетной скорости движения воды в канале зависят от характера грунтов, в которых он проложен, наличия и характера облицовки канала. В каналах без облицовки расчетная скорость обычно находится в пределах 0,6-0,7 м/с. В облицованных каналах скорость значительно выше и составляет 1,5-2,0 м/с и более.

Поперечное сечение канала чаще всего имеет трапециевидальную форму; лишь иногда (в скальных грунтах) ему придают форму прямоугольника. Обычно коэффициент заложения откосов принимают в пределах от 1,5 до 3 (табл. 1.42).

Таблица 1.42

Значение коэффициента заложения откосов m

Грунт	Откосы	
	подводные	надводные
Скальный	0,00-0,50	0,00-0,25
Полускальный	0,50-1,00	0,50
Галечник и гравий с песком	1,25-1,50	1,00
Глина, суглинок тяжелый и средний, торф мощностью пласта до 0,7 м, подстилаемый этими грунтами	1,00-1,50	0,50-1,00
Суглинок легкий, супесь или торф мощностью пласта до 0,7 м, подстилаемый этими грунтами	1,25-2,00	1,00-1,50
Песок мелкий или торф мощностью пласта до 0,7 м, подстилаемый этими грунтами	1,50-2,50	1,00-2,00
Песок пылеватый	3,00-3,50	2,50
Торф со степенью разложения до 50%	1,25-1,75	1,25
Торф со степенью разложения более 50%	1,50-2,00	1,50

Облицовка каналов устраивается в целях снижения фильтрационных потерь, предохранения их от размыва и оползания откосов, снижения шероховатости поверхности стенок, и предотвращения зарастания канала водной растительностью. Также облицовка может служить для защиты канала от поступления в него загрязненных почвенных вод. В водопроводных каналах применяют следующие виды облицовки: гравийные отсыпки, мощение, битумное покрытие, глинистые экраны, бетонные и железобетонные покрытия.

Два первых типа одежды служат в основном для защиты откосов от размыва и обрушения, остальные – для исключения фильтрации.

Устройство каналов без противофильтрационных покрытий допускается при обеспечении коэффициента полезного действия канала, определяемого как отношение максимального расхода воды Q_{\max} забираемого из канала, к максимальному расходу воды Q_n в начале канала с учетом потерь воды на фильтрацию,

$$E_b = \frac{Q_{\max}}{Q_n} = \frac{Q_{\max}}{Q_{\max} + L \cdot Q_{fn}} \geq 0,9, \quad (1.45)$$

где L – длина канала, км;

Q_{fn} – потери воды при подпорной фильтрации, м³/с, на 1 км длины канала,

$$Q_{fn} = \alpha \cdot Q_f, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (1.46)$$

здесь α – коэффициент, характеризующий влияние подпора грунтовых вод на величину потерь в зависимости от превышения канала над зеркалом грунтовых вод. Принимается при наличии грунтовых вод по данным табл. 1.43, в противном случае принимается равным $\alpha = 1,0$;

Q_f – фильтрационные потери воды из облицованного канала при облицовке одинаковой толщины на дне и откосах при установившейся свободной фильтрации, м³/с, на 1 км длины канала,

$$Q_f = 0,0116 \cdot \frac{k_3}{t} \cdot \left[b \cdot (h + t) + 2 \cdot h \cdot \left(\frac{h}{2} + \frac{m \cdot t}{\sqrt{1 + m^2}} \right) \right] \cdot \sqrt{1 + m^2}, \quad \text{м}^3/\text{с}, \quad (1.47)$$

здесь k_3 – коэффициент фильтрации экрана, м/сут. Принимается по данным табл. 1.44;

t – толщина облицовки, м;

b – ширина по дну канала, м;

h – глубина наполнения канала, м.

Таблица 1.43

Значение коэффициента α

Расход воды в канале, м ³ /с	Глубина залегания грунтовых вод, м							
	до 3,0	3,0	5,0	7,5	10,0	15,0	20,0	25,0
1,0	0,63	0,79	–	–	–	–	–	–
3,0	0,50	0,63	0,82	–	–	–	–	–
10,0	0,41	0,50	0,66	0,79	0,91	–	–	–
20,0	0,36	0,45	0,57	0,71	0,82	–	–	–
30,0	0,35	0,42	0,54	0,66	0,77	0,94	–	–
50,0	0,32	0,37	0,49	0,60	0,69	0,84	0,97	–
100,0	0,28	0,33	0,42	0,52	0,58	0,73	0,84	0,94

Таблица 1.44

Значение коэффициента k_3

Противофильтрационное покрытие	k_3 , м/сут
Бетонные монолитные облицовки, качество швов удовлетворительное	0,0007-0,0003
Бетонные монолитные облицовки со швами, герметизированными профильными прокладками типа «констоп»	0,0002
Железобетонные сборные облицовки, швы герметизированы пороизолом и битумно-полимерными мастиками	0,0007-0,0003
Железобетонные сборные облицовки, швы герметизированы тиоколовыми мастиками	0,0004-0,00025
Сборные бетонопленочные облицовки	0,0003-0,00025
Монолитные бетонопленочные облицовки	0,0003-0,00025
Асфальтобетонные облицовки	0,0004-0,0002
Грунтово-пленочные экраны, поверхностные экраны из полимерных пленок	0,00035-0,00025

При строительстве канала и для обеспечения его нормальной эксплуатации требуется устройство ряда сооружений. Пересечение каналом пониженных мест трассы, оврагов, рек, а также дорог осуществляется с помощью дюкеров, укладываемым в две параллельные линии, что увеличивает надежность работы. В оголовках дюкеров устанавливают приспособления для выключения отдельных линий дюкеров при ремонте и прочистке, а в верхней камере устанавливают сороудерживающую решетку. В отдельных случаях переход канала через реки и овраги осуществляется по мостам – акведукам.

На канале через некоторые промежутки по его длине устанавливают перегораживающие сооружения, позволяющие не только выключать отдельные участки его на ремонт (и даже полностью закрывать канал), но и регулировать уровень воды в нем по мере необходимости, например, обеспечивать подпор в условиях зимнего режима. Выше каждого перегораживающего сооружения устраивается автоматически действующий водосброс для предохранения вышележащих участков канала от переполнения. В местах резкого изменения отметок местности по трассе канала устраивают перепады или быстротоки. Весьма часто, например, при пересечении каналом водораздела, рельеф местности приводит к необходимости устройства канала в несколько ступеней с местными подъемами воды насосами.

Водопроводные каналы, особенно длинные, прокладывают обычно в одну линию в целях снижения их строительной стоимости. В этих условиях бесперебойное снабжение водой объекта может быть обеспечено лишь при наличии в конце канала резервных емкостей объемом, достаточным для удовлетворения потребностей объекта на время, необходимое для ремонта или ликвидации аварии на канале. В качестве такой емкости все чаще используются водохранилища, образуемые плотинами на реках и ручьях, пересекаемых каналом.

Закрытые безнапорные каналы используются для подачи чистой природной или уже очищенной воды. Форма поперечного сечения закрытых безнапорных каналов весьма разнообразна; наиболее часто применяются каналы овоидальной, лотковой и круглой формы. В зарубежной практике распространена подковообразная форма сечения закрытых каналов. Форма сечения должна обеспечивать хорошие гидравлические характеристики канала и достаточно высокое его сопротивление давлению грунта на участках, где он проходит в земле.

Раньше закрытые каналы почти всегда строили из кирпича; в настоящее время их выполняют в основном из бетона или железобетона. Железобетонные каналы монтируются из сборных элементов.

Расчетная степень наполнения каналов – отношение глубины потока воды к высоте канала – принимается обычно 0,75-0,9. Так как каналы рассматриваемого типа не рассчитываются на напорный режим работы, т.е. на разрывающие усилия от внутреннего давления воды, установленная степень наполнения должна исключить возможность образования в канале подпора.

На безнапорных закрытых каналах, так же как и на открытых, для перехода оврагов, рек и долин устраивают дюкеры (участки напорных самотечных линий) и в отдельных случаях мосты – акведуки. Кроме того, эти каналы также оборудуются перегораживающими сооружениями и сооружениями для сброса воды в целях предохранения канала от переполнения. При пересечении закрытыми каналами возвышенностей широко используются туннели.

§26. Конструкции водопроводных сетей

Материал и типы труб. В соответствии с условиями работы водопроводных линий в процессе эксплуатации к ним предъявляют следующие требования: прочность, герметичность, гладкость внутренней поверхности их стенок, обеспечивающая наименьшие потери напора при движении воды, и долговечность, обуславливаемая достаточно высоким сопротивлением материала труб внешним и внутренним агрессивным воздействиям. Наконец, водопроводные линии, как и всякие инженерные сооружения, должны удовлетворять требованиям наибольшей экономичности.

Выбор материала и класса прочности труб для водоводов и водопроводных сетей принимается на основании статического расчета, агрессивности грунта и транспортируемой воды, а также условий работы трубопроводов и требований к качеству воды. Для напорных водоводов и сетей следует применять неметаллические трубы (железобетонные напорные, асбестоцементные напорные, пластмассовые и др.). Отказ от применения неметаллических труб должен быть обоснован.

Чугунные трубы допускается применять для водопроводных сетей в пределах населенных пунктов, территорий промышленных, сельскохозяйственных предприятий. Их изготовляют с внутренним диаметром (условным

проходом) 65-1000 мм и длиной 2,0-7,0 м. Для предохранения от коррозии чугунные водопроводные трубы при их изготовлении на заводе покрывают внутри и снаружи нефтяным битумом.

Наиболее широкое распространение получила заделка стыков чугунных труб асбестоцементом – увлажненной смесью из 30% асбеста и 70% цемента. При соединении таких труб гладкий конец одной трубы вводят в раструб другой, оставляя зазор 3-5 мм, и заполняют образовавшееся кольцевое пространство уплотняющими материалами. Вначале производят конопатку раструбной щели на длину около 2/3 ее глубины жгутом смоленной или битуминизированной пряжи с уплотнением инструментом. В остальную часть щели вводят наполнитель, который придает стыку прочность. Стыки, заделанные асбестоцементом, обладают достаточной эластичностью и хорошо сопротивляются вибрационным нагрузкам.

Однако данные стыковые соединения не равнопрочны трубам. Большая часть аварий трубопроводов связана с нарушением стыков. В целях создания стыковых соединений, равнопрочных с трубами и менее трудоемких в монтаже разработаны новые стыковые соединения чугунных труб: на резиновых уплотнителях (для труб с внутренним диаметром до 300 мм) и с помощью винтовой запорной муфтой.

Для монтажа узлов водопроводной сети из чугунных труб изготавливают «фасонные части» различной формы с раструбными и фланцевыми стыками, позволяющие осуществлять изменение направления линий, соединение труб с арматурой, а также устройство ответвлений.

К недостаткам чугунных труб можно отнести относительно плохое сопротивление динамическим нагрузкам. Применение чугунных труб для высоконапорных водоводов ограничивается допустимыми для них значениями внутренних давлений.

Техническая характеристика применяемых чугунных труб приведена в табл. 1.45-1.46.

Таблица 1.45

Чугунные напорные трубы со стыковыми соединениями на резиновой уплотнительной манжете

Условный проход, мм	Наружный диаметр, мм	Толщина стенок, мм	Внутренний диаметр, мм
65	81	6,0	69
80	98	6,0	86
100	118	6,0	106
150	170	6,5	157
200	222	7,0	208
250	274	7,5	259
300	326	8,0	310
400	429	8,5	412
500	532	9,0	514
600	635	10,0	615

Таблица 1.46

**Чугунные напорные трубы с раструбными соединениями,
чугунные напорные трубы на самоуплотняющейся манжете,
чугунные напорные раструбно-винтовые трубы**

Условный проход, мм	Размеры цилиндрической части трубы						
	наружный диаметр, мм	толщина стенок, мм, класса			внутренний диаметр, мм		
		ЛА	А	Б	ЛА	А	Б
65	81	6,7	7,4	8,0	67,6	66,2	65,0
80	98	7,2	7,9	8,6	83,6	82,2	80,8
100	118	7,5	8,3	9,0	103	101,4	100
125	144	7,9	8,7	9,5	128,2	126,6	125
150	170	8,3	9,2	10,0	153,4	151,6	150
200	222	9,2	10,1	11,0	203,6	201,8	200
250	274	10,0	11,0	12,0	254	252	250
300	326	10,8	11,9	13,0	304,4	302,2	300
350	378	11,7	12,8	14,0	354,6	352,4	350
400	429	12,5	13,8	15,0	404	401,4	399
500	532	14,2	15,6	17,0	503,6	500,8	498
600	635	15,8	17,4	19,0	603,4	600,2	597
700	738	17,5	19,3	21,0	703	699,4	696
800	842	19,2	21,1	23,0	803,6	799,8	796
900	945	20,8	22,9	25,0	903,4	899,2	895
1000	1048	22,5	24,8	27,0	1003	998,4	994

Стальные трубы для наружных водопроводных линий изготавливают с внутренним диаметром 100-1400 мм. Соединение стальных труб производится путем сварки. Применение стальных труб допускается: на участках с расчетным внутренним давлением более 1,5 МПа; для переходов пол железными и автомобильными дорогами, через водные преграды и овраги; в местах пересечения хозяйственно-питьевого водопровода с сетями канализации; при прокладке трубопроводов по автодорожным и городским мостам, по опорам эстакад и в туннелях. Стальные трубы должны приниматься экономичных сортов со стенкой, толщина которой определяется расчетом (но не менее 2 мм) с учетом условий работы трубопроводов.

В случаях применения стальных труб должна предусматриваться защита их внешней и внутренней поверхности от коррозии. Основным способом защиты от коррозии внешней поверхности стальных труб в настоящее время является применение различных битумных покрытий.

В целях исключения коррозии и зарастания стальных водоводов и водопроводной сети диаметром 300 мм и более должна предусматриваться защита внутренней поверхности стальных трубопроводов покрытиями: песчано-цементным, лакокрасочным, цинковым и др. Для металлических водопроводных труб с песчано-цементным покрытием, допускается катодная защита.

Техническая характеристика применяемых стальных труб приведена в табл. 1.47.

Таблица 1.47

Стальные трубы

Диаметр трубопровода, мм			Толщина стенки трубы, мм
условный	наружный	внутренний	
100	108	100	4,0
125	133	125	4,0
150	159	150	4,5
175	194	184	5,0
200	219	207	6,0
250	273	259	7,0
300	325	309	8,0
350	377	359	9,0
350	377	357	10,0
400	426	414	6,0
400	426	408	9,9
450	480	468	6,0
450	480	466	8,0
500	529	517	6,0
500	529	515	7,0
600	630	616	7,0
600	630	614	8,0
700	720	706	7,0
700	720	704	8,0
700	720	702	9,0
800	820	804	8,0
900	920	902	9,0
1000	1020	1000	10,0
1200	1220	1198	11,0
1200	1220	1192	14,0
1400	1420	1398	11,0
1400	1420	1392	14,0

К неметаллическим водопроводным трубам относятся асбестоцементные, железобетонные и пластмассовые. Для железобетонных и асбестоцементных трубопроводов допускается применение металлических фасонных частей.

Асбестоцементные трубы изготавливают четырех классов: ВТ-6, ВТ-9, ВТ-12 и ВТ-15 соответственно на максимальное внутреннее давление 0,6; 0,9; 1,2 и 1,5 МПа. Внутренний диаметр труб 100-500 мм, длина 2950-5950 мм. В зависимости от пропускной способности (внутреннего диаметра) и длины трубы каждого класса подразделяют на три типа – 1, 2 и 3.

Трубы стыкуют с помощью соединительных муфт. Стыковые соединения асбестоцементных труб уплотняют резиновыми кольцами, зажимаемыми между трубой и муфтой и обеспечивающими герметичность стыка. Указанный тип стыков обладает достаточной эластичностью, что особенно важно для относительно хрупких асбестоцементных труб.

Присущие асбестоцементным трубам достоинства делают вполне це-

лесообразным их применение в ряде случаев наравне с металлическими трубами. Они обладают малой объемной массой, облегчающей их транспортирование и укладку; малой теплопроводностью; стойкостью в отношении коррозии; являются диэлектриками, что выгодно отличает их от металлических труб; сохраняют в условиях эксплуатации некорродирующую внутреннюю поверхность, что обеспечивает их постоянную пропускную способность.

Техническая характеристика применяемых асбестоцементных труб приведена в табл. 1.48.

Таблица 1.48

Асбестоцементные напорные трубы

Тип труб	Условный проход, мм	Внутренний диаметр, мм				Длина трубы, мм
		ВТ-6	ВТ-9	ВТ-12	ВТ-15	
I	100	104	100	96	–	2950; 3950
	150	146	411	135	–	2950; 3950
	200	196	189	181	–	3950
	250	244	235	228	–	3950
	300	289	279	270	–	3950
	350	334	322	312	–	3950
	400	381	368	356	–	3950
II	500	473	456	441	–	3950
	200	200	196	188	180	5000
	250	248	242	234	226	5000
	300	292	286	276	267	5000
	350	337	329	317	307	5000
	400	385	377	363	352	5000
III	500	476	466	450	436	5000
	200	196	189	181	176	5950
	300	289	279	270	256	5950

Железобетонные трубы изготавливают диаметром 500-1600 мм методом виброгидропрессования четырех классов: 0, I, II и III для расчетных внутренних давлений соответственно 2,0; 1,5; 1,0 и 0,5 МПа. Внутренний диаметр труб 500-1600 мм, длина 5000 мм. Техническая характеристика применяемых железобетонных труб приведена в табл. 1.49.

Таблица 1.49

Железобетонные напорные трубы

Диаметр трубопровода, мм			Толщина стенки трубы, мм	Масса трубы, т
условный	наружный	внутренний		
500	610	500	55	1,32
600	730	600	65	1,89
800	930	800	65	2,48
1000	1150	1000	75	3,55
1200	1370	1200	85	4,95
1400	1590	1400	95	6,65
1600	1810	1600	105	8,20

Железобетонные трубы по сравнению с металлическими имеют ряд преимуществ. Они обладают высокой коррозиестойкостью; являются диэлектриками; способны сохранять в условиях эксплуатации гладкую поверхность, что обеспечивает постоянство их пропускной способности.

Пластмассовые трубы для систем водоснабжения изготавливают из полиэтилена высокой и низкой плотности и винилпласта. Пластмассовые трубы имеют гладкие концы и соединяются путем контактной сварки торцов или с использованием специальных соединительных муфт.

Полиэтиленовые трубы выпускают в зависимости от допускаемого внутреннего давления четырех типов – на 0,25; 0,4; 0,6 и 1,0 МПа длиной 6, 8, 10 и 12 м. Трубы из полиэтилена высокой плотности имеют средний наружный диаметр от 110 до 630 мм; трубы из полиэтилена низкой плотности – от 50 до 160 мм. Винилпластовые трубы изготавливают на внутренние давления 0,25; 0,6 и 1,0 МПа.

Техническая характеристика применяемых полиэтиленовых труб приведена в табл. 1.50-1.52.

Таблица 1.50

Трубы из полиэтилена низкой плотности

Наружный диаметр, мм	Тип труб							
	Л		СЛ		С		Т	
	Толщина стенок, мм	Внутренний диаметр, мм						
50	2,4	45,2	3,7	42,6	5,4	39,2	8,3	33,4
63	3,0	57	4,7	53,6	6,7	49,6	10,5	42
75	3,6	67,8	5,6	63,8	8,0	59	12,5	50
90	4,3	81,4	6,7	76,6	9,6	70,8	15,0	60
110	5,2	99,6	8,1	93,8	11,8	86,4	18,3	73,4
125	6,0	113	9,3	106,4	13,4	98,2	20,8	83,4
140	6,7	126,6	10,4	119,2	–	–	–	–
160	7,7	144,6	11,9	136,2	–	–	–	–

К достоинствам пластмассовых труб относятся их высокая стойкость против коррозии, а, следовательно, долговечность, небольшая масса, диэлектричность, малая теплопроводность. Они имеют гладкую поверхность внутренних стенок, что обеспечивает малые гидравлические сопротивления.

Глубина заложения и укладка водопроводных труб. Водопроводные линии, как правило, принимаются подземной прокладки. При теплотехническом и технико-экономическом обосновании допускаются наземная и надземная прокладки, прокладка в туннелях, а также прокладка водопроводных линий в туннелях совместно с другими подземными коммуникациями, за исключением трубопроводов, транспортирующих легковоспламеняющиеся и горючие жидкости и горючие газы.

Таблица 1.51

Трубы из полиэтилена низкого давления

Наружный диаметр, мм	Тип труб							
	Л		СЛ		С		Т	
	Толщина стенок, мм	Внутренний диаметр, мм						
63	–	–	–	–	3,6	55,8	5,8	51,4
110	–	–	–	–	6,3	97,4	10,0	90
160	–	–	–	–	9,1	141,8	14,6	130,8
225	–	–	–	–	12,8	199,4	20,5	184
315	–	–	–	–	17,9	279,2	28,7	257,6
400	–	–	–	–	22,7	354,6	36,4	327,2
500	–	–	–	–	28,3	443,4	45,5	409
630	–	–	–	–	35,7	558,6	–	–
710	–	–	27,4	655,2	40,2	629,6	–	–
800	–	–	30,8	738,4	45,3	709,4	–	–
900	22,0	856	34,7	830,6	–	–	–	–
1000	24,4	951,2	38,5	923	–	–	–	–
1200	29,3	1141,4	46,2	1107,6	–	–	–	–

Таблица 1.52

Трубы из полиэтилена высокой плотности

Наружный диаметр, мм	Тип труб							
	Л		СЛ		С		Т	
	Толщина стенок, мм	Внутренний диаметр, мм						
110	2,7	104,6	4,3	101,4	6,2	97,6	10,0	90
125	3,1	118,8	4,8	115,4	7,1	110,8	11,4	102,2
140	3,5	133	5,4	129,2	7,9	124,2	12,7	114,6
160	3,9	152,2	6,2	147,6	9,1	141,8	14,6	130,8
180	4,4	171,2	7,0	166	10,2	159,6	16,4	147,2
200	4,9	190,2	7,7	184,6	11,4	177,2	18,2	163,6
225	5,5	214	8,7	207,6	12,8	199,4	20,5	184
250	6,1	237,8	9,7	230,6	14,2	221,6	22,8	204,4
280	6,9	266,2	10,8	258,4	15,9	248,2	25,5	229
315	7,7	299,6	12,2	290,6	17,9	279,2	–	–
355	8,7	337,6	13,7	327,6	20,1	314,8	–	–
400	9,8	380,4	15,4	369,2	22,7	354,6	–	–
450	11,0	428	17,3	415,4	25,5	399	–	–
500	12,2	475,6	19,3	461,4	–	–	–	–
560	13,7	532,6	21,6	516,8	–	–	–	–
630	15,4	599,2	24,3	581,4	–	–	–	–

Глубина заложения труб должна быть на 0,5 м больше расчетной глубины проникания в грунт нулевой температуры, считая до низа труб. Для предупреждения нагревания воды в летнее время глубину заложения трубопроводов хозяйственно-питьевых водопроводов принимается не менее 0,5 м, считая до верха труб.

Глубина заложения металлических труб для северных районов обычно составляет 3,0-3,5 м, для средней полосы – 2,5-3,0 м и для южных районов – 1,25-1,5 м.

Тип основания под трубы принимается в зависимости от несущей способности грунтов и величины нагрузок. Во всех грунтах, за исключением скальных, заторфованных и илов, трубы следует укладывать на естественный грунт ненарушенной структуры, обеспечивая при этом выравнивание, а в необходимых случаях профилирование основания. Для скальных грунтов следует предусматривать выравнивание основания слоем песчаного грунта толщиной 10 см над выступами. При прокладке трубопроводов в мокрых связных грунтах (суглинок, глины) необходимость устройства песчаной подготовки устанавливается проектом производства работ в зависимости от предусматриваемых мер по водопонижению, а также от типа и конструкции труб. В илах, заторфованных и других слабых водонасыщенных грунтах трубы необходимо укладывать на искусственное основание.

Уклон водоводов и водопроводных сетей принимается не менее 0,001 по направлению к выпуску; при плоском рельефе местности уклон допускается уменьшать до 0,0005.

Количество линий водоводов принимается с учетом категории системы водоснабжения и очередности строительства. При прокладке водоводов в две или более линии необходимость устройства переключений между водоводами определяется в зависимости от количества независимых водозаборных сооружений или линий водоводов, подающих воду потребителю.

Устройство сопроводительных линий для присоединения попутных потребителей допускается при диаметре магистральных линий и водоводов 800 мм и более и транзитном расходе не менее 80% суммарного расхода.

При ширине проездов более 20 м допускается прокладка дублирующих линий, исключаящих пересечение проездов вводами. В этих случаях пожарные гидранты следует устанавливать на сопроводительных или дублирующих линиях. При ширине улиц в пределах красных линий 60 м и более следует рассматривать вариант прокладки сетей водопровода по обеим сторонам улиц.

Расстояния по горизонтали, м, от ближайших подземных инженерных сетей до зданий и сооружений принимаются не менее указанных в табл. 1.53, а между соседними подземными инженерными сетями при их параллельном размещении – не менее указанных в табл. 1.54.

Таблица 1.53

Расстояния по горизонтали до зданий и сооружений

Расстояние по горизонтали (в свету) от подземных сетей до	Расстояние, м
Фундаментов зданий и сооружений	5,0
Фундаментов ограждения опор галерей, эстакад трубопроводов, контактной сети и связи	3,0
Оси пути железных дорог колеи 1520 мм, но не менее глубины траншеи до подошвы насыпи и выемки	4,0
Оси трамвайных путей	2,75
Автомобильные дороги:	
– бортового камня кромки проезжей части, укрепленной полосы обочины	2,0
– наружной бровки кювета или подошвы насыпи	1,0
Фундаментов опор воздушных линий электропередачи	1,0-3,0

Таблица 1.54

Расстояния по горизонтали между водопроводом и инженерными сетями

Инженерные сети	Расстояние по горизонтали (в свету), м
Водопровод	1,5
Канализация	см.*
Водостоки	1,5
Стальные газопроводы горючих газов	1,0-2,0
Кабели связи и силовые всех напряжений	0,5
Тепловые сети	1,5
Каналы, тоннели	1,5

* Расстояния от канализации до хозяйственно-питьевого водопровода принимаются: до водопровода из железобетонных и асбестоцементных труб, прокладываемых в глинистых грунтах – 5,0 м, в крупнообломочных и песчаных грунтах – 10,0 м; до водопровода из чугунных труб диаметром до 200 мм – 1,5 м, диаметром более 200 мм – 3,0 м; до водопровода из пластмассовых труб – 1,5 м. Расстояние между сетями канализации и производственного водопровода должно быть не менее 1,5 м.

§27. Арматура и сооружения на сети

Запорная и регулирующая арматура. К запорной и регулирующей арматуре относятся задвижки, вентили и другие затворы. С помощью задвижек, установленных на водопроводных линиях, можно, изменяя степень их открытия, изменять расход воды в линиях и, в частности, прекращать в них течение воды для выключения на ремонт отдельных участков водоводов.

Запорная арматура на водоводах и линиях водопроводной сети должна быть с ручным или механическим приводом (от передвижных средств). Применение на водоводах запорной арматуры с электрическим или гидравлическим приводом допускается при дистанционном или автоматическом управлении.

Используемые в практике задвижки по своей конструкции разделяются на параллельные (с параллельно расположенными запорными дисками) и

клиновые (с одним запорным диском клинообразной формы). Применяются задвижки с выдвигным и невыдвигным шпинделем. В первых шпиндель при вращении маховика совершает поступательное движение, во вторых – только вращательное, ввинчиваясь в запорное приспособление.

Задвижки крупных диаметров оборудуются обводными линиями, на которых устанавливаются задвижки меньших диаметров, уравнивающие давление по обе стороны задвижек крупных диаметров. Задвижки диаметром 600-1200 мм с ручным управлением изготавливают с редуктором, что существенно облегчает управление ими.

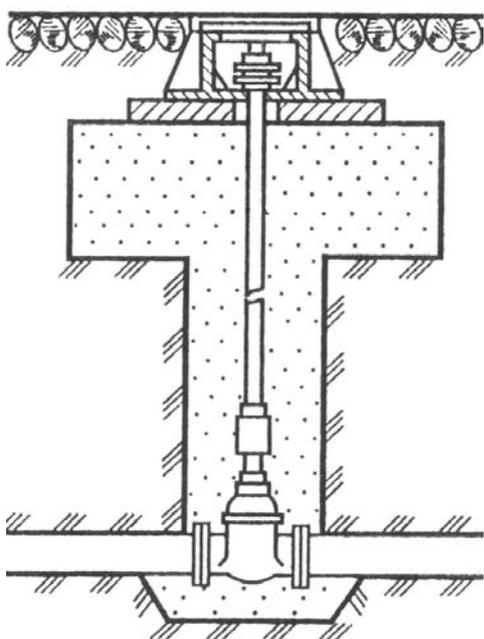


Рис. 1.13. Бесколодезная установка задвижек

В последнее время получают распространение дисковые поворотные затворы благодаря ряду их преимуществ по сравнению с задвижками: они легче, имеют меньшие габаритные размеры и стоимость. Для открывания затвора диск поворачивается на 90° и плоскость его устанавливается параллельно оси трубы. Поворотные дисковые затворы изготавливаются для труб диаметром 400-1600 мм (на давление в сети 1,0 МПа).

При подземной прокладке запорная и регулирующая трубопроводная арматура должна устанавливаться в колодцах (камерах). Бесколодезная установка запорной арматуры допускается при обосновании (рис. 1.13).

Водоразборная арматура. К водоразборной арматуре относятся колонки, краны и пожарные гидранты. К водоразборным приспособлениям относятся также питьевые колонки или фонтанчики, устанавливаемые для общественного пользования в летнее время в садах, парках, на бульварах, площадях и т.п.; краны для полива зеленых насаждений, которые представляют собой простые стояки из стальных труб с запорными вентилями.

Разбор хозяйственно-питьевой воды при отсутствии домовых вводов осуществляется непосредственно из наружной сети через установленные на ней водоразборные краны (колонки). Радиус действия водозаборной колонки следует принимать не более 100 м. Вокруг водозаборной колонки предусматривается отмостка шириной 1,0 м с уклоном 0,1 от колонки.

Для полива улиц, тротуаров, заводских дворов и проездов служат чаще всего ответвления от внутренних водопроводов, расположенные в специальных нишах в стенах зданий. Автоцистерны для полива площадей и широких улиц наполняют обычно через пожарные гидранты диаметром 75 и 125 мм. Пожарные гидранты – краны для наружного пожаротушения – бывают подземные и наземные. Более широкое применение имеют гидранты подземного типа, полностью размещаемые в колодце. На сети водопровода

населенных пунктов с числом жителей до 500 чел. вместо гидрантов допускается устанавливать стояки диаметром 80 мм с пожарными кранами.

Пожарные гидранты предусматриваются вдоль автомобильных дорог на расстоянии не более 2,5 м от края проезжей части, но не ближе 5,0 м от стен зданий; допускается располагать гидранты на проезжей части. При этом установка гидрантов на ответвлении от линии водопровода не допускается. Также гидранты устанавливаются вдоль проездов на расстоянии не более 150 м один от другого и вблизи уличных перекрестков.

Расстановка пожарных гидрантов на водопроводной сети должна обеспечивать пожаротушение любого обслуживаемого данной сетью здания, сооружения или его части не менее чем от двух гидрантов при расходе воды на наружное пожаротушение 15 л/с и более и одного – при расходе воды менее 15 л/с с учетом прокладки рукавных линий.

Предохранительная арматура. К предохранительной арматуре, устанавливаемой на водоводах и водопроводных сетях, могут быть отнесены различные предохранительные устройства, не допускающие повышения давления в трубах сверх установленных пределов (обратные клапаны), а также устройства для выпуска и впуска воздуха (воздушные вантузы).

Клапаны автоматического действия для впуска и выпуска воздуха должны предусматриваться в повышенных переломных точках профиля и в верхних граничных точках ремонтных участков водоводов и сети для предотвращения образования в трубопроводе вакуума, величина которого превосходит допустимую для принятого вида труб, а также для удаления воздуха из трубопровода при его заполнении. При величине вакуума, не превосходящей допустимую, могут применяться клапаны с ручным приводом.

Вантузы следует предусматривать в повышенных переломных точках профиля на воздухосборниках. При уклоне нисходящего участка трубопровода (после переломной точки профиля) 0,005 и менее вантузы не предусматриваются; при уклоне в пределах 0,005-0,01 в переломной точке профиля взамен вантуза допускается предусматривать кран (вентиль).

Выпуски следует предусматривать в пониженных точках каждого ремонтного участка, а также в местах выпуска воды от промывки трубопроводов. В качестве запорной арматуры на выпусках используют поворотные затворы. Диаметры выпусков и устройств для впуска воздуха должны обеспечивать опорожнение участков водоводов или сети не более чем за 2 ч. Отвод воды от выпусков производится в бли-

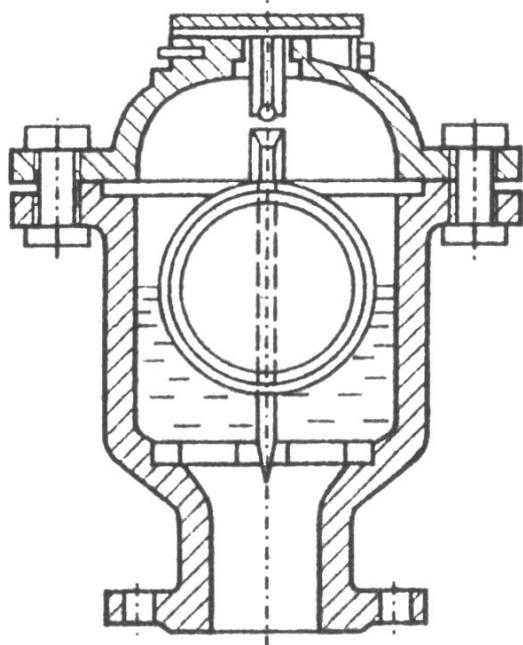


Рис. 1.14. Устройство воздушного вантуза

жайший водосток, канаву, овраг и т.п.

Колодцы. Как было сказано ранее, водопроводная арматура при подземной прокладке должна устанавливаться в колодцах (камерах). Высота рабочей части колодцев принимается не менее 1,5 м, а минимальные расстояния до внутренних поверхностей колодца – по данным табл. 1.55.

Таблица 1.55

Расстояние до внутренних поверхностей колодца

Расстояние до внутренних поверхностей колодца, м	Величина, м
От стенок труб при диаметре труб, мм:	
– до 400	0,3
– от 500 до 600	0,5
– более 600	0,7
От плоскости фланца при диаметре труб, мм:	
– до 400	0,3
– более 400	0,5
От края раструба, обращенного к стене, при диаметре труб, мм:	
– до 300	0,4
– более 300	0,5
От низа трубы до дна при диаметре труб, мм:	
– до 400	0,25
– от 500 до 600	0,3
– более 600	0,35
От верха штока задвижки с выдвижным шпинделем	0,3
От маховика задвижки с невыдвижным шпинделем	0,5

Для обслуживания арматуры в колодцах при высоте до мест обслуживания и управления оборудования, электроприводов и маховиков задвижек (затворов) более 1,4 м от пола предусматриваются площадки или мостики, при этом высота до мест обслуживания и управления с площадки или мостика не должна превышать 1,0 м. Для спуска в колодец на горловине и стенках колодца устанавливаются стальные или чугунные скобы.

Упоры и компенсаторы. Силы внутреннего давления воды на колена, отводы, тройники и заглушки действуют вдоль осей труб и передаются на стыковые соединения. Стыки раструбных труб не рассчитаны на сопротивление продольным растягивающим усилиям, и для них в указанных случаях необходимо устраивать воспринимающие эти усилия упоры, выполняемые в виде бетонных, кирпичных или бутовых массивов, в которые упираются соответствующие фасонные части.

Упоры должны предусматриваться:

- на поворотах в горизонтальной или вертикальной плоскости трубопроводов из раструбных труб или соединяемых муфтами, когда возникающие усилия не могут быть восприняты стыками труб;
- на сварных трубопроводах при расположении поворотов в колодцах или угле поворота в вертикальной плоскости выпуклости вверх 30° и более.

На трубопроводах из раструбных труб или соединяемых муфтами с

рабочим давлением до 1,0 МПа при углах поворота до 10° упоры допускается не предусматривать.

Компенсаторы представляют собой устройство, воспринимающее температурные удлинения металлических трубопроводов. Компенсаторы устанавливаются: на трубопроводах, стыковые соединения которых не компенсируют осевые перемещения, вызываемые изменением температуры; на стальных трубопроводах, прокладываемых в тоннелях, каналах или на эстакадах (опорах); на трубопроводах в условиях возможной просадки грунта.

При подземной прокладке водоводов, магистралей и линии сети из стальных труб со сварными стыками компенсаторы следует предусматривать в местах установки чугунной фланцевой арматуры. В тех случаях, когда чугунная фланцевая арматура защищена от воздействия осевых растягивающих усилий путем жесткой заделки стальных труб в стенки колодца, устройством специальных упоров или обжатием труб уплотненным грунтом, компенсаторы допускается не предусматривать.

При обжатии труб грунтом перед фланцевой чугунной арматурой следует применять подвижные стыковые соединения (удлиненный раструб, муфту и др.). Компенсаторы и подвижные стыковые соединения при подземной прокладке трубопроводов должны располагаться в колодцах.

Устройства на пересечении водопроводных линий с дорогами, реками и оврагами. Переходы трубопроводов под железными дорогами I, II и III категорий, а также под автомобильными дорогами I и II категорий выполняются в футлярах (при обосновании – в тоннелях). Под остальными железнодорожными путями и автодорогами допускается устройство переходов трубопроводов без футляров. Переходы трубопроводов над железными дорогами должны предусматриваться в футлярах на специальных эстакадах. Прокладка трубопроводов по железнодорожным мостам и путепроводам, пешеходным мостам над путями, в железнодорожных, автодорожных и пешеходных тоннелях, а также в водопропускных трубах не допускается.

Акведуки – мосты для пропуска потоков воды – строят на открытых и закрытых безнапорных водопроводных каналах или трубопроводах при пересечении их с каналами, открытой коллекторно-дренажной сетью, с дорогами, оврагами, суходолами, постоянно или временно действующими водотоками. Их устраивают, если отметка дороги или уровня воды пересекаемого канала или водотока ниже пролетного строения акведука.

По материалу акведуки в основном бывают железобетонные (сборные или монолитные), реже деревянные, металлические или комбинированные. Водопроводящая часть акведука может быть прямоугольного, параболического, круглого (напорный водовод) поперечного сечения. По конструкции несущей части различают акведуки арочные и рамные. В качестве сопрягающих конструкций между откосами каналов и лотком акведука используют обратную и ныряющие стенки, раструб и косую плоскость.

Дюкеры – напорные гравитационные водоводы – устраивают по трас-

се канала (трубопровода) в местах его пересечения с другим каналом, дорогой и различными сооружениями, когда отметки уровня воды канала близки к отметкам преодолеваемого препятствия, при этом напорная часть дюкера проходит под препятствием. Дюкеры устраивают и при переходе через широкие и глубокие долины, когда стоимость акведука оказывается больше стоимости дюкера. При укладке дюкеров по поверхности земли трубопроводы располагают на анкерных и промежуточных опорах.

Дюкеры выполняют из бетона, сборного или монолитного железобетона, дерева, из стальных, а иногда асбестоцементных и пластмассовых труб, а также комбинированными. Выбор материала дюкера определяется действующим напором. Так, бетонные дюкеры устраивают при напорах до 3,0 м, железобетонные – при напорах 30,0-50,0 м, а из предварительно напряженного железобетона – до 100,0 м, стальные дюкеры практически не имеют предела в установлении напора. Деревянные дюкеры возможны при напорах 20,0-30,0 м, однако их применение ограничено недолговечностью.

Дюкеры чаще всего выполняют круглого поперечного сечения, так как они наиболее выгодны в гидравлическом отношении, надежны в условиях больших внутренних давлений и внешних нагрузок, удобны при производстве работ. Многоочковые дюкеры, как правило, выполняют прямоугольного поперечного сечения.

В зависимости от пропускаемого расхода воды дюкеры бывают малыми и большими. Малые дюкеры, устраиваемые для пропуска небольших расходов воды, в конструктивном отношении представляют собой два колодца (входной и выходной), соединенные между собой горизонтальной трубой. Для пропуска больших расходов устраивают дюкеры более сложных конструкций. Они состоят из входного и выходного оголовков, двух наклонных и одного горизонтального участков напорных труб. Для уменьшения потерь напора сопряжение труб с входным и выходным участками следует выполнять плавным. Сопряжение входного и выходного участков с откосами каналов осуществляют обратными или ныряющими стенками. Перед входом в дюкер устраивают сороудерживающую решетку. Входной участок дюкера оборудуют затворами для регулирования пропускной способности и отключения при очистке или аварии, а выходной участок – затворами или шандорами. Входной и выходной мостик дюкера оборудуют служебными мостиками, ограждают перилами. Для опоружнения дюкера предусматривают водо-выпускные устройства с задвижками.

§28. Классификация емкостей

Емкости, используемые в системах водоснабжения, могут быть классифицированы следующим образом:

1. по функциональному признаку (по их назначению):
 - а) регулирующие;
 - б) запасные;
 - в) запасно-регулирующие (объединяющие в одном сооружении функции аккумулярования и хранения воды).
2. по способу подачи воды из них в сеть:
 - а) напорные (активные), которые обеспечивают напор, необходимый для непосредственной подачи воды в водопроводную сеть;
 - б) безнапорные (пассивные), из которых воду нужно забирать насосами.

Напорные емкости в зависимости от конструкции подразделяют на следующие основные типы:

1. водонапорные башни (напор обеспечивается установкой резервуара на поддерживающей конструкции требуемой высоты);
2. напорные резервуары (напор обеспечивается установкой резервуара на естественных возвышенностях с требуемыми отметками);
3. водонапорные колонны (занимают промежуточное положение между наземными резервуарами и водонапорными башнями);
4. пневматические водонапорные установки (напор создается давлением сжатого воздуха на поверхность воды в герметичных резервуарах).

Регулирующие емкости позволяют обеспечить более или менее равномерную работу насосных станций, так как отпадает необходимость в подаче ими пиковых расходов воды, а также уменьшить диаметр, а, следовательно, и стоимость водоводов и транзитных магистралей водопроводной сети. Разделение полного расчетного объема регулирующей емкости между несколькими башнями и резервуарами и их правильное размещение на местности могут в значительной степени снизить неравномерность нагрузки сети в отдельные моменты ее работы в результате изменений водопотребления.

Запасные емкости способствуют повышению надежности систем водоснабжения, т.е. обеспечивают выполнение одного из основных требований, предъявляемых к этим системам.

Емкости в системах водоснабжения в зависимости от назначения должны включать регулирующий, пожарный, аварийный и контактный объемы воды. Контактный объем допускается уменьшать на величину пожарного и аварийного объемов в случае их наличия. При обосновании в емкостях допускается предусматривать объем воды для регулирования суточной не-

равномерности водопотребления.

В емкостях на станциях водоподготовки дополнительно предусматривается объем воды на промывку фильтров.

§29. Общие сведения об устройстве и оборудовании емкостей

Резервуары для воды и баки водонапорных башен оборудуются подводящими и отводящими трубопроводами или объединенным подводяще-отводящим трубопроводом, переливным устройством, спускным трубопроводом, вентиляционным устройством, скобами или лестницами, люками-лазами для прохода людей и транспортирования оборудования. В зависимости от назначения емкости дополнительно предусматриваются:

- устройства для изменения уровня воды, контроля вакуума и давления и их контроль для использования в системах автоматики или передачи сигналов в насосную станцию или пункт управления;
- световые люки диаметром 300 мм (в резервуарах для воды непитьевого качества);
- промывочный водопровод (переносной или стационарный);
- устройство для предотвращения перелива воды из емкости (средства автоматики или установка на подающем трубопроводе поплавкового запорного клапана);
- устройство для очистки поступающего в емкость воздуха (в резервуарах для воды питьевого качества).

На конце подводящего трубопровода в резервуарах и баках водонапорных башен следует предусматривать диффузор с горизонтальной кромкой или камеру, а на отводящем трубопроводе в резервуаре – конфузор. Верх диффузора должен располагаться на 50-100 мм выше максимального уровня воды в емкости, а верх конфузора – на 50 мм выше набетонки днища.

Вне резервуара или водонапорной башни на отводящем (подводяще-отводящем) трубопроводе следует предусматривать устройство для отбора воды автоцистернами и пожарными машинами.

Переливное устройство должно быть рассчитано на расход, равный разности максимальной подачи и минимального отбора воды. Слой воды на кромке переливного устройства должен быть не более 100 мм. В резервуарах и водонапорных башнях, предназначенных для питьевой воды, на переливном устройстве предусматривается гидравлический затвор.

Спускной трубопровод проектируется диаметром 100-150 мм в зависимости от объема емкости. Днище емкости должно иметь уклон не менее 0,005 в сторону спускного трубопровода. Спускные и переливные трубопроводы следует присоединять (без подтопления их концов):

- от емкостей для воды непитьевого качества – к канализации любого назначения с разрывом струи или к открытой канаве;

- от емкостей для питьевой воды – к дождевой канализации или к открытой канаве с разрывом струи.

При невозможности или нецелесообразности сброса воды по спусковому трубопроводу самотеком необходимо предусматривать колодец для откачки воды передвижными насосами.

Впуск и выпуск воздуха при изменении положения уровня воды в емкости, а также обмен воздуха в резервуарах для хранения пожарного и аварийного объемов должен производиться через устройства, исключающие возможность образования вакуума, превышающего 80 мм вод. ст.

В резервуарах воздушное пространство над максимальным уровнем до нижнего ребра плиты или плоскости перекрытия следует принимать от 200 до 300 мм. Ригели и опоры плит могут быть подтоплены, при этом необходимо обеспечить воздухообмен между всеми отсеками покрытия.

Люки-лазы располагаются вблизи от концов подводящего, отводящего и переливного трубопроводов. Крышки люков в резервуарах для питьевой воды должны обеспечивать полную герметизацию и иметь устройства для запираания и пломбирования. Люки резервуаров должны возвышаться над утеплением перекрытия на высоту не менее 0,2 м.

Напорные резервуары и водонапорные башни при системе пожаротушения высокого давления должны быть оборудованы автоматическими устройствами, обеспечивающими их отключение при пуске пожарных насосов.

§30. Водонапорные башни

Основными элементами водонапорной башни являются резервуар или бак и поддерживающая конструкция.

Вместимость бака и высота поддерживающей конструкции, измеряемая от поверхности земли до низа бака, меняются в широких пределах. Вместимость бака колеблется от нескольких десятков кубических метров в малых водопроводах до нескольких тысяч кубических метров в больших городских и промышленных водопроводах. Высота поддерживающей конструкции обычно лежит в пределах 15-30 м и в редких случаях превосходит 30 м.

Баки водонапорных башен в большинстве случаев устраивают круглой формы в плане. Соотношение высоты и диаметра бака диктуется как технологическими, так и архитектурно-строительными соображениями. Большая высота бака нежелательна, так как вызывает увеличение высоты подъема воды, а также значительные колебания напоров в системе. Водонапорная башня, особенно в городских водопроводах, должна удовлетворять эстетическим требованиям, которые предъявляются ко всем архитектурным сооружениям. Наконец, при выполнении баков из того или иного материала следует учитывать требования технико-экономического порядка, определяющие наиболее экономичные решения конструкции при данном материале и

заданных высоте и вместимости.

В некоторых случаях, например на промышленных предприятиях при наличии двух или нескольких сетей разного напора, устраивают башни с двумя и более баками, расположенными на разной высоте.

Водонапорные башни допускается проектировать с шатром вокруг бака для предохранения воды от замерзания и частично от засорения или без шатра в зависимости от режима работы башни, объема бака, климатических условий и температуры воды в источнике водоснабжения. Шатры делают облегченной конструкции железобетонными или деревянными – в зависимости от типа и конструкции башни. Расстояние между стенками бака и шатра должно быть не менее 0,7-0,8 м. В шатре вокруг бака устраивают легкое перекрытие и устанавливают металлическую лестницу для входа в бак. В шатер входят из подбаковой камеры, устраиваемой в верхней части поддерживающей конструкции башни. При благоприятных климатических условиях в устройстве шатра нет необходимости. При использовании подземных вод, имеющих обычно постоянную температуру около 8-9°C, шатер не требуется.

В бесшатровых башнях над баком устраивают кровлю и кольцевой балкон. Вход в бак из подбаковой камеры возможен или по внешней лестнице или через внутренний цилиндрический лаз в центральной части бака. В последнем случае усложняется конструкция бака, но улучшаются условия его обслуживания.

Поддерживающие конструкции водонапорных башен выполняют из различных материалов (сталь, железобетон, кирпич, дерево) в виде системы колонн (или стоек) или несущей стенки; они весьма разнообразны и имеют различное архитектурное оформление.

Железобетонные водонапорные башни имеют широкое распространение в нашей стране и за рубежом. При малой и средней вместимости баки железобетонных башен обычно имеют цилиндрическую форму с плоским или сферическим (вогнутым) днищем. Большее распространение получили железобетонные баки с плоским днищем, так как хотя применение сферических днищ и дает экономию материала, но вызывает удорожание строительных работ. Для возведения водонапорных башен все шире применяется предварительно напряженный железобетон (в основном для баков).

Стальные башни получили меньшее распространение по сравнению с железобетонными. Из построенных ранее и находящихся в эксплуатации стальных башен можно назвать два наиболее часто применявшихся типа:

1. башня со стальным цилиндрическим баком с плоским днищем, установленным на стальных наклонных колоннах;
2. башня системы В.Г. Шухова (ствол башни представляет собой решетчатую пространственную конструкцию, имеющую форму однополостного гиперболоида; прямоугольные образующие, выполненные из стальных уголков, перехватываются горизонтальными поясами).

Большое многообразие форм и конструкций баков стальных башен

можно разбить на четыре основных типа:

1. цилиндрический бак с полусферическим днищем (и обычно с конической крышей), опирающийся на колонны;
2. бак с полуэллипсоидальным днищем и эллипсоидальной (иногда конической) крышей, опирающийся с помощью опорного кольца на систему колонн;
3. бак с радиально-коническим днищем, которое покоится на системе балок, опирающихся на центральную шахту и систему колонн; секторы днища между балками имеют подобие конических поверхностей и приварены к балкам и стенкам бака;
4. бак с торроидальным днищем (комбинация эллипсоидального днища с плоским), опирающимся на два пояса колонн и центральную шахту или трубу; используется для объемов до 12000-15000 м³.

Кроме того, применяются баки сферической, грушевидной формы и др. Шатров стальные башни, как правило, не имеют.

Кирпичные башни строят при относительно небольшой высоте башни, а также в тех случаях, где по местным условиям применение кирпича оказывается экономичнее, чем применение железобетона. На кирпичных башнях устанавливают стальные баки с плоским днищем и иногда железобетонные баки.

Деревянные водонапорные башни находят применение во временных водопроводах, а также в небольших водопроводах колхозов и совхозов и в местах, богатых лесом. На деревянных башнях устанавливают стальные баки с плоским днищем.

При устройстве поддерживающей конструкции в виде сплошных несущих железобетонных или кирпичных стенок, а также при устройстве стенок между несущими колоннами образуется закрытое помещение часто весьма значительного объема, которое используется для размещения производственных помещений системы водоснабжения, исключающих образование пыли, дыма и газовыделений.

Водонапорные башни имеют подвальное помещение, в котором располагаются задвижки на водопроводных трубах.

Для оборудования башни обычно применяют стальные трубы. При жесткой заделке труб в днище бака водонапорной башни на стояках трубопроводов надлежит предусматривать компенсаторы. Если поддерживающая конструкция башни выполнена в виде системы колонн без устройства между ними стенового заполнения, трубы в целях утепления помещаются в специальной вертикальной цилиндрической шахте.

Устройство подающих и отводящих воду труб водонапорной башни возможно по одной из приведенных схем:

1. устраивают одну общую подающе-отводящую трубу, рассчитанную на подачу (в бак или из бака) воды в количестве, равном разности количества воды, подаваемой насосами и расходуемой потребителями. Конец

этой трубы располагают у низа бака на высоте, предотвращающей засасывание в трубу ила, который может периодически скапливаться в самых низких точках бака. Эта схема может быть применена при расположении башни в любой точке сети. При такой схеме стоимость труб, которыми оборудуется башня, наименьшая, и достигается некоторое сокращение расхода энергии на подъем воды.

2. башня оборудуется двумя трубами: подающей и отводящей, между которыми может быть устроено (в подвале) аварийное переключение. Такая схема может быть применена только при расположении башни в начале сети. Здесь вся вода, подаваемая насосами, проходит через бак, и насосы всегда работают с напором, соответствующим наивысшему положению уровня воды в баке, что вызывает увеличение напора насосов и расхода энергии на подачу воды. По этой схеме у нас осуществлено оборудование ряда ранее построенных башен, но для вновь сооружаемых башен она не может быть рекомендована;
3. устройство единой подающе-отводящей трубы с разделением ее у бака на подающую и отводящую. На последней установлен обратный клапан, препятствующий поступлению по ней воды в бак. Эта схема позволяет осуществлять постоянное перемешивание воды в баке, которое способствует сохранению ее свежести и препятствует замерзанию зимой. Так же, как и по схеме 2, насосы всегда должны иметь напор, соответствующий наивысшему уровню воды в баке башни.

В схемах типовых проектах подающая труба не доводится до верха бака, что позволяет сократить расход энергии на подачу воды по сравнению со схемой 3 и осуществить частичное перемешивание воды в баке.

Кроме основных подающих и отводящих труб водонапорная башня должна быть оборудована переливной и спускной трубами.

§31. Водонапорные колонны

Водонапорные колонны целесообразно применять в тех случаях, когда при использовании аварийного запаса, т.е. при аварийном режиме работы водопровода, допускается значительное снижение требуемых напоров. Они представляют собой цилиндрический резервуар, установленный на поверхности земли и имеющий высоту, соответствующую требуемой высоте водонапорной башни. При нормальном режиме работы водопровода может быть использована лишь верхняя часть объема колонны, расположенная на высоте, соответствующей требуемым свободным напорам в водопроводной сети. Нижняя часть объема колонны служит для хранения аварийного запаса воды.

Водонапорные колонны выполняют преимущественно из стали. Имеются примеры устройства железобетонных водонапорных колонн. Для доступа в верхнюю часть колонны служит наружная стальная лестница.

К недостаткам водонапорных колонн может быть отнесена возмож-

ность застоя воды в них и, следовательно, ухудшение качества воды.

§32. Резервуары

Как было сказано ранее, резервуары, располагаемые на достаточно высоких отметках местности, могут служить напорными (активными) емкостями, аналогичными по своему назначению водонапорным башням. Напорные резервуары наиболее часто используют в системах водоснабжения как регулирующие емкости, но нередко они служат одновременно и для хранения запасов воды – пожарных или аварийных.

Вторым типом резервуаров являются безнапорные (пассивные), т.е. такие, из которых вода может поступать в систему лишь путем перекачки ее насосами. Такие резервуары используют весьма часто как регулирующие емкости при очистных сооружениях городских водопроводов (резервуары чистой воды), а также в качестве запасных емкостей (пожарных и аварийных).

Конструктивное оформление резервуаров весьма разнообразно. В более старых системах водоснабжения строились и до сего времени работают кирпичные резервуары, а также резервуары из бутового камня. В современных системах водоснабжения преимущественное распространение получили резервуары из предварительно напряженного железобетона самых различных форм, конструкций и методов изготовления. В качестве готовых деталей используют железобетонные колонны, балки, плиты, а также панели различных конструкций.

Резервуары цилиндрической формы с купольными перекрытиями рекомендовались для относительно небольшого объема (до 600 м^3). Резервуар этого типа заглубляют в землю примерно до половины высоты цилиндрической части с обсыпкой в целях теплоизоляции верхней части и перекрытием землей толщиной около 1,0 м. Дно резервуара имеет некоторый уклон к прямку, в котором располагают концы приемных труб с таким расчетом, чтобы могла быть использована вся вместимость резервуара. Кроме того, через прямок может быть осуществлено удаление осадков, которые постепенно накапливаются в резервуаре.

Более экономичным для цилиндрических резервуаров всех размеров считается устройство плоского безбалочного перекрытия поддерживаемого колоннами. Вместимость резервуаров с плоским перекрытием от 50 до 2000 м^3 , диаметр от 4,7 до 25,4 м, высота от 3,5 до 4,5 м. При объеме воды более 2000 м^3 целесообразно применение резервуаров прямоугольной в плане формы с плоскими балочными или безбалочными перекрытиями.

Стремясь найти более экономичные конструкции резервуаров, им придают разнообразные конструктивные формы. Так, в одном из построенных резервуаров стенки имеют «многоарочную» конструкцию, позволяющую хорошо воспринимать усадочные и температурные напряжения. Аналогичная конструкция принимается для резервуаров круглой в плане формы – в виде многоволновой цилиндрической оболочки. Находят применение прямо-

угольные в плане резервуары с перекрытием в виде цилиндрических сводов.

Заслуживают внимания резервуары, выполняемые в виде копаных в земле водоемов (с различного рода одеждой), используемых в качестве запасных емкостей. Эти резервуары строят обычно открытыми.

Общее количество резервуаров одного назначения в одном узле принимается не менее двух. Оборудование резервуаров должно обеспечивать возможность независимого включения и опорожнения каждого резервуара. Устройство одного резервуара допускается в случае отсутствия в нем пожарного и аварийного объемов.

Когда резервуар является напорно-регулирующей емкостью, его оборудование трубами и арматурой аналогично оборудованию водонапорных башен. Пожарные резервуары и водоемы оборудовать переливными и спускными трубопроводами не требуется.

§33. Пневматические водонапорные установки

Существуют две принципиально различные системы пневматических установок – переменного давления и постоянного давления.

Пневматическая водонапорно-регулирующая установка переменного давления, заменяющая по своему назначению водонапорную башню, представляет собой два герметически закрытых стальных резервуара (или котла) А и Б, соединенных трубой. Котел А присоединяется к водоводу, подающему воду от насосной станции в водопроводную сеть. В те часы, когда подача насосов превышает потребление воды городом, избыточно подаваемое количество воды автоматически поступает по ответвлению в котел А. Поступая в котел А, вода сжимает находящийся в нем воздух и перегоняет его постепенно в котел Б. Когда вода в котле А достигает наивысшего допустимого уровня, вход в трубу, соединяющую котлы, закрывается автоматически действующим поплавковым клапаном; таким образом, вода из котла А не может поступать в котел Б. В часы, когда водопотребление будет превышать подачу воды насосами, вода будет уходить из котла А в водопровод; уровень воды в нем будет понижаться, и давление в системе падать. Когда вода достигнет наименьшего допустимого уровня, другой автоматический поплавок-вый клапан закроет выход из котла А и предотвратит попадание воздуха в сеть.

Экономически оправданный объем воздушного котла (котлов) может превышать объем водяного котла обычно не более чем в 3 раза. Если в водяном котле хранится также пожарный или аварийный запас воды, то он должен быть учтен при определении необходимого объема котлов для обеспечения требуемых давлений. Значения давлений должны быть проверены также на случай сработки пожарного или аварийного запаса.

В отличие от обычной системы водоснабжения с башней в пневматической системе изменение степени наполнения водяного резервуара сопро-

воздаётся значительным изменением давления. Эта особенность является основным органическим недостатком пневматических систем рассматриваемого типа, так как применение их требует, по сравнению с башенной системой, повышенных напоров на насосной станции, т.е. установки более мощных насосных агрегатов, вызывает перерасход электроэнергии при подаче воды и значительные колебания давления во всей водопроводной сети.

Для получения в системе требуемого давления, а также для периодического восполнения убыли воздуха вследствие его утечки через неплотности и уноса с водой обычно требуется установка компрессора. Он работает всего один-два раза в неделю и короткие промежутки времени, поэтому расход энергии на его работу крайне незначителен.

В пневматической водонапорно-регулирующей установке постоянного давления на трубе, соединяющей воздушный котел с водяным, ставят редукционный клапан. Этот клапан при понижении уровня воды в водяном котле пропускает в него воздух под постоянным заданным давлением. При подъеме уровня воды в водяном котле воздух из него выпускается через специальный предохранительный клапан, также отрегулированный на заданное давление. Таким образом, в водяном котле может поддерживаться постоянное давление, что обеспечивает возможность надлежащего подбора насосов и их работы при оптимальных значениях КПД.

Пневматические установки постоянного давления требуют непрерывной работы компрессора для восполнения сбросов воздуха при каждом наполнении водяного котла. Дополнительный расход энергии на работу компрессора в установках постоянного давления обычно превышает перерасход энергии, затрачиваемой на работу насосов под избыточными напорами в установках переменного давления. Установки постоянного давления менее экономичны и используются в тех случаях, когда не может быть допущено колебание напора в сети.

Пневматические установки переменного давления имеют различное конструктивное оформление. Водяные и воздушные котлы пневматических установок представляют собой сварные стальные цилиндры со стальными эллипсоидальными днищами. Применяют как вертикальное, так и горизонтальное расположение котлов. Диаметр их обычно не превышает 3 м. Число воздушных котлов обычно больше числа водяных. Пневматические котлы и компрессор устанавливают либо в специальном здании, либо в общем здании с насосной станцией.

Пневматические установки не получили широкого распространения. По строительной стоимости и эксплуатационным расходам они в большинстве случаев менее выгодны, чем башни, и могут конкурировать с последними лишь при относительно малом водопотреблении и значительных расчетных напорах.

Глава VIII

ВОДОСНАБЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

§34. Особенности систем производственного водоснабжения

Различают следующие системы производственного водоснабжения (здесь *П* – производство; *НС* – насосная станция; *ОС* – сооружения по очистке сточных вод; *О* – охладитель):

1. с прямоточным использованием воды (рис. 1.15);
2. с последовательным использованием воды (рис. 1.16);
3. с оборотом воды: охлаждающая система оборотного водоснабжения (рис. 1.17, *а*); технологическая система оборотного водоснабжения (рис. 1.17, *б*); смешанная (охлаждающая и технологическая) система оборотного водоснабжения (рис. 1.17, *в*).

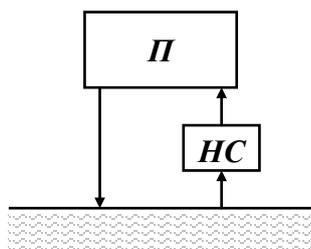


Рис. 1.15. Схема системы прямоточного использования воды

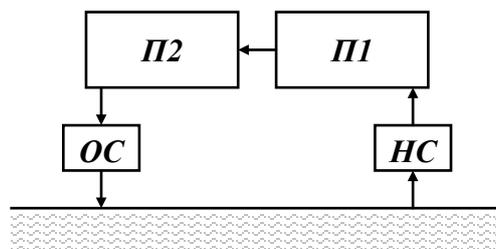


Рис. 1.16. Схема системы последовательного использования воды

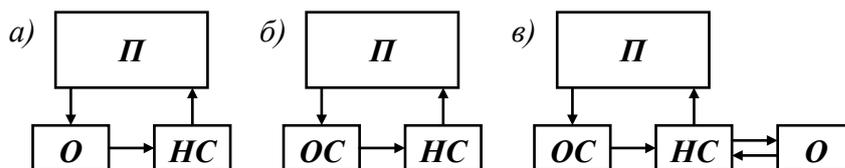


Рис. 1.17. Схема системы оборотного использования воды

Приведенные три основные схемы оборотного водоснабжения применяются соответственно назначению воды в производстве. Если вода является теплоносителем, и в процессе использования лишь нагревается не загрязняясь, то применяют схему *а*. Если вода служит средой транспортирующей, поглощающей или экстрагирующей механические и растворенные примеси, и в процессе использования загрязняется в системе оборотного водоснабжения, то применяют схему *б*. При комплексном использовании воды, когда она является транспортирующей, поглощающей и экстрагирующей средой и одновременно служит теплоносителем, применяется схема *в*.

Система водоснабжения должна быть, как правило, с оборотом воды для всего промышленного предприятия или в виде замкнутых циклов для от-

дельных цехов. При этом следует предусмотреть необходимую очистку сточной воды, охлаждение оборотной воды, обработку и повторное использование сточной воды (без выпуска в водоемы). Последовательное или прямоточное использование воды на производственные нужды со сбросом очищенных сточных вод в водоем допускается только при невозможности или нецелесообразности применения ее в системе оборотного водоснабжения и, как правило, без обработки химическими реагентами.

В реальных условиях при наличии различных требований к качеству используемой воды и различного качества стоков, зависящих от составов цехов промышленного предприятия, системы оборотного водоснабжения модифицируются и усложняются. Так, на рис. 1.18, а показана схема оборотного водоснабжения при различном качестве сбросной воды в двух группах цехов, т.е. когда цехи одной группы не допускают использования воды, которую сбрасывают цехи другой группы. В этих условиях устраивают изолированные отсеки охлаждающих устройств А и Б, отдельные группы насосов на циркуляционной насосной станции и отдельные подающие водоводы для воды разного качества. На рис. 1.18, б показана схема оборотного водоснабжения, при которой цехи одной группы сбрасывают воду, требующую дополнительного осветления в отстойниках. После охлаждения вода подается в обе группы цехов единой системой труб.

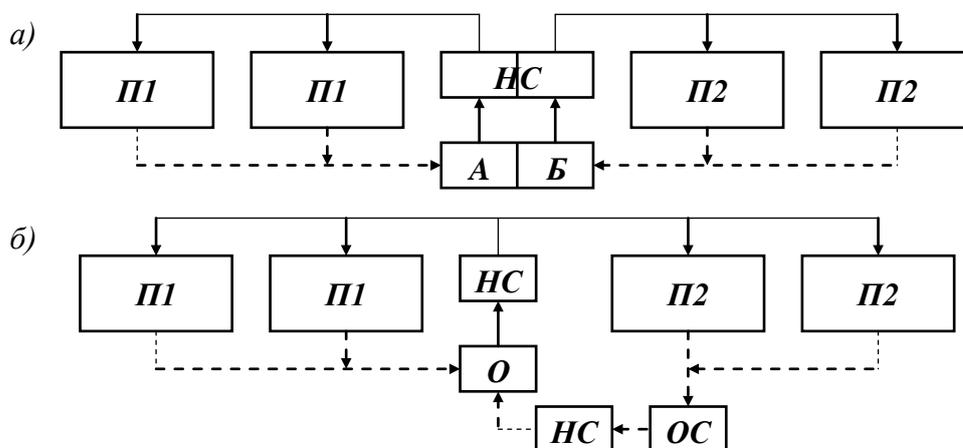


Рис. 1.18. Схемы оборотного водоснабжения

В практике промышленного водоснабжения получили широкое применение системы последовательного использования воды (рис. 1.16). Эти системы устраивают, когда качество воды, сбрасываемой одним потребителем, допускает ее использование другими потребителями. Так, потребитель 1 сбрасывает воду нагретую, но не загрязненную. Она может быть использована потребителями 2. Если количество воды, сбрасываемой потребителем 1, превышает потребность цехов 2, ее избыток может поступать в общий сток.

В некоторых случаях часть воды из оборотного цикла одного потребителя 1 (рис. 1.19) после охлаждения используется для группы других потребителей 2, т.е. имеется комбинация оборотного водоснабжения и после-

довательного использования воды. Системы последовательного использования воды позволяют значительно сократить подачу свежей воды из источника и снизить затраты на водоснабжение предприятия в целом.

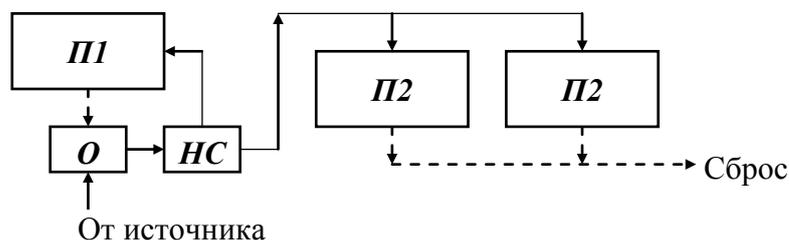


Рис. 1.19. Комбинация оборотного и последовательного водоснабжения

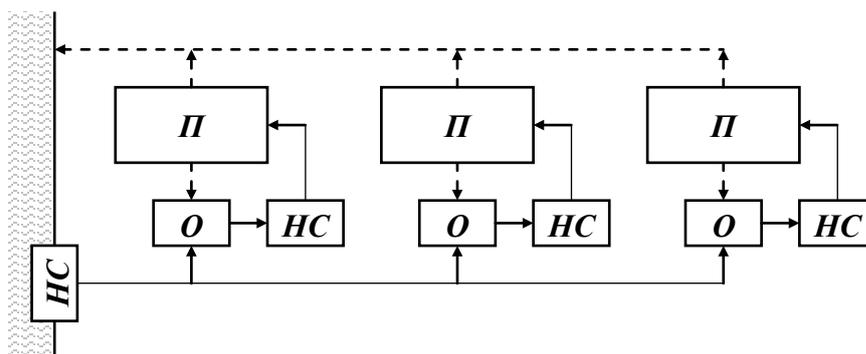


Рис. 1.20. Схема разделения системы оборотного водоснабжения на отдельные системы по группам цехов

На крупных предприятиях, занимающих большую территорию, иногда оказывается рентабельным разделение системы оборотного водоснабжения по группам цехов с устройством нескольких блоков охлаждающих сооружений и насосных станций (рис. 1.20). Это позволяет снизить затраты на сооружение водоводов и магистралей в пределах площадки, сократить расходы энергии на подачу воды и повысить надежность водоснабжения.

§35. Требования к качеству воды в системах производственного водоснабжения и методы его обеспечения

Качество воды, используемой на производстве, устанавливается в зависимости от назначения воды и требований технологического процесса с учетом перерабатываемого сырья, применяемого оборудования и готового продукта производства. Вода должна быть безвредна для здоровья человека при возможном контакте с ней и не должна обладать отрицательными органолептическими свойствами при открытой системе водоснабжения. В табл. 1.56 приведены примерные требования к качеству воды, используемой в системах оборотного водоснабжения промышленных предприятий. Эти требования имеют условный характер, так как они в значительной степени зависят от типа теплообменного оборудования, температуры воды, температуры охлаждаемого продукта или оборудования, характера взвешенных и

растворенных веществ и др. Для определения требований к качеству добавочной воды величины, указанные в табл. 1.56, можно разделить на коэффициент концентрирования (упаривания) при условии, что компоненты загрязнений не летучи и не выпадают в осадок.

Таблица 1.56

Примерные требования к качеству оборотной воды при использовании поверхностных и подземных источников (по А.Ф. Шабалину)

Показатели	Единица измерения	Вода I категории, используемая для охлаждения оборудования и технологических продуктов в теплообменных аппаратах (через стенку)		Вода, используемая в качестве транспортирующей, поглощающей, экстрагирующей и другой среды	
		охлаждение без огневого нагрева поверхностей теплообмена	охлаждение с огневым нагревом поверхностей теплообмена	II категории, без нагрева (обогащение ископаемых, гидрозолоудаление и др.)	III категории, с нагревом (улавливание и очистка газов, гашение кокса и др.)
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Температура	°С	В зависимости от технологического процесса			
Взвешенные вещества*	мг/л	до 50	до 20	при гравитации до 10000, при флотации до 200	
Эфирорастворимые	мг/л	до 20	до 10	не нормируются	
Запах	балл	до 3	до 3	до 3	до 4
pH	–	6,5-8,5	6,5-8,5	не нормируется	6,5-9
Жесткость карбонатная	мг-экв/л	до 3,5	до 2,5	не нормируется	при обработке газов необходима обработка оборотной воды
Щелочность общая	мг-экв/л	не более 4	не более 3	не нормируется	необходима обработка воды
Общее содержание**	мг/л	до 2000	до 800	не нормируются	
Cl ⁻	мг/л	до 350	до 150	не нормируются	
SO ₄ ²⁻	мг/л	до 500	до 250	не нормируются	
Fe _{общ} ***	мг/л	1-4	0,5-1	не нормируются	
Окисляемость перманганатная	мгО/л	до 20	до 20	при гравитации не нормируется, при флотации до 10	не нормируется

Продолжение табл. 1.56

1	2	3	4	5	6
ХПК	мгО/л	до 200	–	не нормируются	
БПК ₅	мгО ₂ /л	15-20	–	не нормируются	
Биогенные элементы в добавочной воде:					
– азот об- щий	мг/л	150	150	не нормируются	
– фосфор (в пересчете на Р ₂ О ₅)	мг/л	5	–	не нормируются	

* Уточняется в зависимости от скорости движения охлаждающей воды в теплообменных аппаратах и от гидравлической крупности взвешенных веществ.

** Допустимо без применения ингибиторов коррозии.

*** Больше содержание допустимо при отсутствии карбонатных отложений.

Используемая для охлаждения жидких и конденсации газообразных продуктов в теплообменных аппаратах и для охлаждения оборудования вода не должна создавать механических и солевых отложений, коррозии металла и биологических обрастаний теплообменного оборудования; не должна разрушать конструктивные материалы сооружений систем водоснабжения.

Механические отложения. Основным источником загрязнения воды грубодисперсными примесями, которые образуют так называемые механические отложения, является вода, добавляемая в системы оборотного водоснабжения для восполнения потерь воды, за счет уноса в виде капель из охладителей, испарения в охладителях, продувки и неизбежных утечек воды из системы в грунт. Другим источником загрязнения оборотной воды механическими примесями является атмосферный воздух. Обратная вода при прохождении через градирни вымывает из воздуха в среднем 80% взвешенных веществ в виде пыли и песка минерального и органического происхождения. Если предположить, что запыленность воздуха составляет 1,0 мг/м³, то при добавлении воды в систему в размере 2% расхода оборотной воды концентрация загрязнений в оборотной воде в расчете на добавочную воду может составлять 40-50 мг/л.

Механические грубодисперсные примеси, попадающие в систему оборотного водоснабжения с добавочной водой и вымываемые из воздуха, в зависимости от их гидравлической крупности и скорости движения воды могут циркулировать в системе и частично осаждаться в резервуаре градирен или в теплообменных аппаратах. При осаждении этих примесей в теплообменных аппаратах общие коэффициенты теплопередачи этих аппаратов могут значительно понижаться. Для удаления грубодисперсных примесей из добавочной воды, как правило, применяют отстойники или осветлители и фильтры с песчаной загрузкой. При отстаивании или фильтровании в воду

могут добавляться коагулянты и флокулянты.

Иногда для вывода из оборотной системы взвешенных грубодисперсных примесей применяют осветление части оборотной воды на байпасе с помощью сетчатых или безздвижных напорных песчаных фильтров. На осветление в таких случаях подается часть оборотной воды – 5-15%.

Практика работы систем оборотного водоснабжения показывает, что наличие в воде грубодисперсных примесей даже в больших концентрациях не всегда ухудшает работу теплообменных аппаратов. Например, в системах, подверженных биологическим обрастаниям, грубодисперсные примеси благодаря их абразивному действию иногда улучшают работу этих сооружений. При скоростях движения воды в теплообменных аппаратах, превышающих 1,5 м/с, может оказаться, что наличие достаточно высоких концентраций грубодисперсных примесей не влияет на работу теплообменных аппаратов. Поэтому вопрос о необходимости строительства специальных сооружений для вывода грубодисперсных механических примесей из охлаждающих открытых систем оборотного водоснабжения должен решаться в каждом конкретном случае на основании анализа всех факторов и, если возможно, с учетом практики эксплуатации систем, работающих в аналогичных условиях.

Солевые отложения. Солевые отложения, особенно отложения карбоната кальция, относятся к наиболее часто встречающимся в охлаждающих системах оборотного водоснабжения. Соли, присутствующие в оборотной воде, подразделяются на хорошо растворимые соли, не выпадающие в осадок и не создающие отложений, и на соли, которые из-за недостаточной растворимости или вследствие физико-химических процессов, происходящих в охлаждающих системах оборотного водоснабжения, могут выпадать в осадок и создавать отложения.

Основными ионами, которые могут приводить к отложениям минеральных солей, являются:

- анионы – бикарбонаты, карбонаты, гидроокиси, фосфаты, сульфаты, силикаты;
- катионы – кальций, магний, алюминий, железо, цинк.

Большинство этих ионов находится в подпиточной воде. Однако железо и в меньшей степени алюминий и цинк, из которых изготовлены конструктивные элементы сооружений, могут появляться в оборотной воде лишь в основном в результате их коррозии. Фосфаты и цинк, и изредка силикаты могут попасть в системы оборотного водоснабжения в составе ингибиторов коррозии металлов.

Карбонат кальция – наиболее часто встречающийся компонент солевых отложений в системах – выпадает на стенки труб теплообменных аппаратов в результате нарушения углекислотного равновесия. Этот вид отложений является типичным для систем, использующих в качестве добавочной воду со значительной бикарбонатной жесткостью и щелочностью. Отложения образуются в результате распада бикарбоната при дефиците углекислоты

в растворе. Соли магния встречаются реже, хотя они иногда и образуются либо в виде гидрата окиси магния (при $pH > 10$), либо (в редких случаях при большом содержании силикатов) в виде силиката магния. Сульфат кальция, если не принимать мер, ограничивающих его концентрацию до предела ниже его растворимости, также может явиться причиной отложений.

Фосфаты могут образовывать нерастворимые соли со всеми перечисленными катионами, и, чтобы избежать их выпадения необходимо регулировать величину pH .

Гидроокиси металлов встречаются в отложениях редко, однако их можно найти в системах охлаждения с высокими значениями pH . Гидроокись железа образуется в результате коррозии и превращается в гидратированную окись железа или в ржавчину.

На интенсивность, с которой происходит отложение солей влияет, прежде всего величина pH , концентрация ионов, температура воды и особенно температура поверхности труб, находящейся в контакте с водой, интенсивность теплообмена между водой и поверхностью контакта, состав воды, способ ее обработки, конструкция теплообменного оборудования, продолжительность пребывания воды в системе.

Величина pH влияет на растворимость всех упомянутых выше солей. От величины pH зависит тенденция кальция образовывать карбонаты, характеризуемая индексом Ланжелье (табл. 1.57). Из табл. 1.57 следует, что чем выше pH охлаждающей воды, тем заметнее тенденция к образованию отложений из минеральных солей.

У многих выпадающих из растворов солей, особенно у карбоната кальция, растворимость снижается с увеличением температуры. При этом температура поверхности металла (поверхности контакта воды с трубами) играет главную роль в скорости отложения.

Таблица 1.57

Характеристика воды по индексу Ланжелье

Индекс Ланжелье	Тенденция воды к образованию накипи или коррозии
+ 2	Накипеобразование и практически отсутствие коррозии
+ 0,5	Возможны незначительное накипеобразование или коррозия
0	Равновесное состояние, но возможна питтинговая коррозия
- 0,5	Возможны незначительная коррозия и отсутствие накипеобразования
- 2	Коррозионная активность

Высокие скорости воды в трубах способствуют предотвращению отложений солей на поверхности контакта. Скорости движения воды в трубках теплообменных аппаратов не рекомендуется принимать ниже 1,0 м/с.

Предотвратить отложение карбонатных солей можно различными способами, наиболее распространенными из которых являются подкисление, рекарбонизация, фосфатирование, фосфатирование с подкислением и реагентное умягчение воды.

При подкислении в результате химической реакции бикарбонатов с

кислотой снижается бикарбонатная жесткость воды с образованием сульфатов (подкисление H_2SO_4) или хлоридов (подкисление HCl) кальция и магния. Они менее растворимы, чем карбонаты, и могут быть выведены из системы оборотного водоснабжения с продувкой.

При обработке воды кислотой продувку системы оборотного водоснабжения допускается не предусматривать, если при заданном уносе капельной влаги из охладителей, отборах и утечках оборотной воды из системы водоснабжения, коэффициент упаривания не достигнет величины, при которой происходит увеличение концентрации сульфата кальция сверх предела растворимости.

Сульфат кальция не выпадает в системе, если произведение активных концентраций Ca^{2+} и SO_4^{2-} в оборотной воде не превышает произведения растворимости сульфата кальция, которое для воды при температуре 25-60°C рекомендуется принимать $2,4 \cdot 10^{-5}$. В том случае, когда произведение активных концентраций ионов Ca^{2+} и SO_4^{2-} будет превышать $2,4 \cdot 10^{-5}$, необходимо предусматривать продувку системы оборотного водоснабжения.

Метод рекарбонизации основан на растворении углекислоты для стабилизации бикарбоната кальция. Увеличение концентрации углекислоты в оборотной воде компенсирует потерю ее в градирне и тем самым препятствует распаду бикарбонатов, сохраняет щелочность воды на прежнем уровне. Неудобство этого метода состоит в трудностях растворения необходимого количества углекислоты, особенно при высокой; бикарбонатной щелочности добавочной воды или высоких коэффициентах упаривания. При недостатке углекислоты в системе будет наблюдаться частичный распад бикарбонатов и, как следствие, накипеобразование.

Предотвращение накипеобразования фосфатированием применяется давно и дает в ряде случаев хорошие результаты, особенно при умеренных температурах воды. Фосфатирование эффективно при наличии в воде даже очень малых концентраций углекислоты и малых концентраций фосфатов – примерно 1,5-2,0 мг/л и менее (в расчете на P_2O_5). Физико-химическая сущность процесса стабилизации воды фосфатами основана на «закомплексовании» карбонатной жесткости при концентрациях фосфатов ниже стехиометрических величин. Фосфатирование выгодно отличается от подкисления и рекарбонизации еще и тем, что оно не требует точной дозировки. Передозировка кислоты и углекислоты может привести к значительной коррозии, недозировка – к накипеобразованию. Увеличение дозы фосфатов сверх оптимальной величины не имеет таких последствий, и вместе с тем оно нецелесообразно, так как не приводит к улучшению стабилизационного эффекта.

Для фосфатирования применяют полифосфаты – гексаметафосфат или триполифосфат натрия. При определенных условиях (высокие значения рН и температуры) полифосфаты постепенно могут гидролизироваться в ортофосфаты, которые не обладают ингибирующими свойствами по отношению к накипи и могут образовать осадки из фосфата кальция. В последние годы

находят применение синтетические фосфорорганические соединения – фосфонаты. Они действуют так же, как и неорганические полифосфаты, но обладают большими возможностями предотвращения накипеобразования и, что более важно, не гидролизуются. Однако при их применении следует обращать внимание на то, чтобы жесткость воды и значения рН не были велики. В таких случаях полезно оценить возможности применения фосфатов делать по индексу Ланжелье – он должен быть положительным.

Реагентное умягчение воды (декарбонизация) известью применяется гораздо реже, чем указанные выше способы предотвращения накипеобразования. Оно целесообразно в тех случаях, когда требуется одновременное снижение жесткости и щелочности воды; при этом часто главной задачей является устранение щелочности. Сущность его состоит в связывании растворенной в воде углекислоты гидроксильными ионами с образованием бикарбонатных ионов. Дальнейшее добавление извести приводит к переводу бикарбонатных ионов в карбонатные, а последние реагируют с катионами кальция, образуя карбонат кальция. При достижении предела растворимости карбонат кальция выделяется в осадок. Реагентное умягчение воды осуществляется обычно в осветлителях или в отстойниках, специально предназначенных для этой цели, с последующим пропуском воды через фильтры с зернистой загрузкой. Ускорение процесса умягчения достигается подогревом воды, добавлением избытка реагента-осадителя и созданием контакта умягченной воды с ранее образовавшимся осадком. Чрезмерный избыток извести повышает остаточную жесткость воды и одновременно приводит к увеличению гидратной щелочности.

В тех случаях, когда вода содержит кальций и магний в сочетании с анионами не только слабых, но и сильных кислот, в воду кроме извести вводится сода для перевода в осадок кальция. Известково-содовый метод пригоден для умягчения воды с любым ионным составом.

При использовании воды в качестве добавки в оборотные системы, умягченной известью или известью с содой, необходимо предусматривать корректировку рН до 7,0-7,5 подкислением. Без корректировки вода, умягченная этими реагентами, может быть пересыщена карбонатом кальция, особенно при низких температурах, и может иметь высокую рН = 9,5-10,0. При поступлении такой воды в теплообменные аппараты может происходить выпадение карбоната кальция и образование отложений вследствие «доумягчения» воды при нагреве, так как растворимость этой соли понижается с увеличением температуры. Вода, умягченная известью или известью с содой, практически имеет остаточную жесткость 0,5-1,0 мг-экв/л.

Коррозия. Основной причиной коррозии металлов в охлаждающей воде является наличие растворенного кислорода и углекислоты. Последняя снижает рН воды, вследствие чего происходит воздействие кислоты на металл. Другими факторами, усиливающими коррозию, являются электропроводность воды и наличие растворенных в воде таких газов, как сернистый ан-

гидрид, аммиак, хлор и др. Эти газы могут попадать в охлаждающую воду из окружающего атмосферного воздуха в градирнях. Например, на предприятиях, использующих в топках печей тяжелое жидкое топливо, из-за выбросов в атмосферный воздух сернистого ангидрида рН воды может заметно снижаться. Утечка аммиака в охлаждающую воду в аммиачных конденсаторах приводит к растворению его в воде и как следствие к усилению коррозии. Среди других причин, усиливающих коррозию, можно назвать отложения продуктов коррозии на стенках труб, биологические обрастания, а также в некоторых случаях накипи.

Основными физическими факторами, способствующими коррозии, являются температура, контакты различных по потенциалу металлов в водной среде и твердые отложения взвешенных веществ. Твердые отложения в трубопроводах и теплообменных аппаратах образуют области, изолированные от общего потока воды, и коррозия под ними может протекать за счет разного уровня аэрирования воды в основной массе потока и в слое воды под отложениями.

В нейтральной или щелочной воде коррозия может начаться в результате разрушения защитной окисной пленки на поверхности металла и разницы потенциала между чистым металлом и пленкой. В результате произойдет электрохимическое разрушение металла. Присутствие кислорода ускоряет этот процесс, и коррозионное воздействие усиливается за счет аэрации воды на градирнях. Биологические обрастания в системах оборотного водоснабжения также могут быть причиной усиления коррозии. Микроорганизмы, вызывающие эти обрастания, попадают в систему оборотного водоснабжения с добавочной водой или из воздуха на градирнях. Углеводороды, попадающие в воду из теплообменных аппаратов в результате утечек продукта, могут служить питательной средой, усиливающей рост бактерий.

К коррозионной группе бактерий, прежде всего, относятся сульфатредуцирующие. Они восстанавливают находящиеся в воде сульфаты до сульфидов и сероводорода, особенно в таких местах, где запас кислорода в воде истощен, например, под коррозионными отложениями. Такая коррозия может быть точечного типа, причем образовавшиеся углубления в металле бывают заполнены мягкими дурнопахнущими сульфидами.

Некоторые виды бактерий окисляют нитриты и нитраты, которые иногда применяются в качестве ингибиторов коррозии. Железобактерии образуют отложения в виде окиси железа, имеющие цвет ржавчины, отложения в виде слизи или желеобразного вещества.

Предотвращение коррозии в системах оборотного водоснабжения, как правило, обеспечивается с помощью ингибиторов. Естественный процесс образования накипи на внутренних поверхностях труб до некоторой степени обеспечивает антикоррозионную защиту. Функция ингибитора состоит в образовании защитной пленки на поверхности корродирующего металла.

В качестве ингибиторов коррозии в основном применяются неоргани-

ческие ингибиторы: хроматы, фосфаты и редко силикаты и нитраты.

Хорошее защитное действие от коррозии оказывают хроматы в присутствии солей металлов, например сернокислого цинка и фосфатов. Применение солей цинка в концентрации 1-3 мг/л (в расчете на цинк) в смеси с хроматами даже в таких малых концентрациях, как 2-3 мг/л (в расчете на CrO_3), и с фосфатами 2-4 мг/л (в расчете на PO_4^{3-}), уже дает неплохое защитное действие. Применение малых концентраций хроматов особенно важно, поскольку для них существуют жесткие предельно допустимые концентрации для воды водоемов и для атмосферного воздуха.

При применении хроматов следует избегать присутствия в оборотной воде таких восстановителей, как двуокись серы, которая образует нерастворимые соли с хромом. Следует принимать также меры по устранению утечек в воду нефтепродуктов, так как некоторые из них могут воздействовать на шестивалентный хром как восстановители.

Биологические обрастания. Наличие биологических обрастаний в системах оборотного водоснабжения обусловлено интенсивным ростом и развитием различных форм бактерий, грибов и водорослей, попадающих из источника водоснабжения и воздуха. Бактериальные и грибковые биологические обрастания, как правило, наблюдаются в теплообменных аппаратах, обрастания водорослями – в градирнях.

Для предупреждения развития бактериальных биологических обрастаний в теплообменных аппаратах, а также в трубопроводах рекомендуется применять хлорирование воды. Хлор вводится в оборотную воду периодически – 3-4 раза в сутки. Продолжительность хлорирования каждого периода 40-60 мин. Доза хлора должна обеспечивать содержание остаточного активного хлора в оборотной воде после наиболее удаленных теплообменных аппаратов от места ввода хлора не менее 1,0 мг/л в течение 30-40 мин.

Для удаления биологических обрастаний, а также механических отложений в закрытых теплообменных аппаратах в необходимых случаях может предусматриваться устройство для периодической гидропневматической промывки аппаратов или для промывки аппаратов водой или смесью воды с воздухом и с присадкой абразивных материалов (кварцевый песок, полиэтиленовая крошка). Гидропневматическая промывка осуществляется водой и воздухом в соотношении от 1 : 1 до 1 : 2.

§36. Водоснабжение предприятий строительной индустрии и требования к качеству воды на них

Камнеобрабатывающие предприятия. Вода в производстве используется при распиловке, шлифовке изделий, на гидроуборку помещений и гидротранспортировку шламов. Система водоснабжения оборотная с отстойниками и фильтрами. Требования к воде, используемой на камнеобрабатывающих предприятиях, приведены в табл. 1.58.

**Требования к качеству воды, используемой
на камнеобрабатывающих предприятиях**

Показатели	Единица измерения	Вода, вступающая в контакт с продуктом (без нагрева)
Температура	°С	до 40
Взвешенные вещества	мг/л	50-2000
Эфирорастворимые вещества	мг/л	20
Запах	балл	3
рН	–	6,5-8,5
Жесткость общая	мг-экв/л	5
Сухой остаток	мг/л	1500
Fe ³⁺	мг/л	1

Цементные заводы. Вода в производстве расходуется на охлаждение оборудования (компрессоров, подшипников вращающихся печей, мельниц), приготовление шлама, охлаждение клинкера в холодильнике, охлаждение отходящих газов, а также на нужды котельной и поливку территории. Система водоснабжения – обратная и с повторным использованием сточных вод.

Известковые заводы. В производстве вода используется для охлаждения цилиндров компрессоров, подшипников агрегатов, балок печей, очистки аспирационного воздуха в циклонах. При мокром способе производства извести вода расходуется также на приготовление шлама. В производстве известняковой муки вода используется только для охлаждения подшипников шахтных мельниц. Система водоснабжения прямоточная и обратная. К воде, используемой для технологических нужд (приготовление шлама), специальные требования не предъявляются.

Заводы гипса. Вода в производстве гипса расходуется только на охлаждение компрессоров и подшипников шахтных мельниц. Система водоснабжения – обратная и прямоточная.

Производство асбестоцементных изделий. Вода в производстве асбестоцементных изделий используется для приготовления асбестоцементной суспензии, промывки сукон и сеток формовочных машин, для обеспечения работы вакуум-насосов, а также для нужд вспомогательных цехов. Система водоснабжения – обратная и с повторным использованием воды.

Требования к качеству технической воды приведены в табл. 1.59.

Предприятия силикатного (автоклавного) бетона. Вода расходуется на приготовление бетона, алюминиевой суспензии, отделку изделий, мокрое пылеулавливание, охлаждение конденсата и оборудования и другие цели. Система водоснабжения – обратная и прямоточная. Имеются три водопроводные сети: обратной, свежей технической и питьевой воды.

Предприятия силикатного кирпича. Вода в производстве кирпича расходуется на приготовление технологического пара и силикатной массы, охлаждение оборудования, мокрую очистку аспирационного воздуха и другие цели. Система водоснабжения – обратная и прямоточная.

Таблица 1.59

**Требования к качеству технологической воды, используемой в производстве
асбестоцементных труб и листовых изделий**

Показатели	Единица измерения	Вода, вступающая в контакт с продуктом (без нагрева)
Температура	°С	30-40
Взвешенные вещества:		
– для приготовления и разжижения асбестоцементной суспензии	мг/л	25000
– для промывки сукон и сеток и обработки асбеста	мг/л	10
Эфирорастворимые вещества	мг/л	5
рН	–	более 8,5
Щелочность общая	мг-экв/л	50
Сухой остаток	мг/л	4000-10000
Ca ²⁺	мг/л	700-1500
SO ₄ ²⁻	мг/л	2000-5000
K ⁺	мг/л	6000
Na ⁺	мг/л	4000
Cr ⁶⁺	мг/л	1
Гумусовые, пенообразующие	мг/л	не допускаются

Предприятия керамических изделий. В производстве вода расходуется на приготовление шликерной массы и глазурей, охлаждение и мытье оборудования, мокрую очистку воздуха в аспирационных системах, кондиционирование воздуха и другие цели. Система водоснабжения – прямоточная и оборотная. Требования к качеству технологической воды, используемой на предприятиях керамических изделий, приведены в табл. 1.60.

Таблица 1.60

**Требования к качеству технологической воды, используемой
на предприятиях керамических изделий**

Показатели	Единица измерения	Вода, вступающая в контакт с продуктом (без нагрева), при изготовлении		
		санитарных изделий	керамических плиток	труб канализационных
Температура	°С	18	18	18
Взвешенные вещества	мг/л	до 70	до 70	100
Запах	балл	без запаха		
рН	–	8,5	8,5	8,5
Жесткость общая	мг-экв/л	5,5	5,5	до 18
Щелочность	мг-экв/л	до 5	до 5	до 5
Сухой остаток	мг/л	600	не нормируется	
Ca ²⁺	мг/л	10000	не нормируется	
Mg ²⁺	мг/л	50	не нормируется	
Cl ⁻	мг/л	40	не нормируется	
SO ₄ ²⁻	мг/л	50	не нормируется	
ХПК	мгО/л	2,87	2,87	2,87

Предприятия керамзитового гравия. В производстве вода расходуется на доувлажнение глины в глиномешалке при пластическом способе или в глиноболтушке – при шликерном способе; при сухом способе производства вода расходуется на мокрое пылеподавление при дроблении сырья. Вода используется также для смачивания роlikоопор сушильного барабана и вращающейся печи, для охлаждения подшипников дымососов, разбавления дренажей подогревателя мазута в печном отделении и охлаждения кожухов телескопов. Система водоснабжения – прямоточная и оборотная.

Требования к качеству технологической воды, используемой в производстве керамзитового гравия, приведены в табл. 1.61.

Таблица 1.61

Требования к качеству технологической воды, используемой в производстве керамзитового гравия

Показатели	Единица измерения	Вода, вступающая в контакт с продуктом (без нагрева)
Температура	°С	40
Взвешенные вещества	мг/л	50
Эфирорастворимые вещества	мг/л	0,3
Запах	балл	до 3
рН	–	6,5-9,5
Сухой остаток	мг/л	2000
Сl ⁻	мг/л	350
SO ₄ ²⁻	мг/л	500
Фосфор (в пересчете на P ₂ O ₅)	мг/л	2,5
Азот общий	мг/л	80

Предприятия мягких кровельных материалов (картона, рубероида, толя). Вода в производстве кровельного картона расходуется на роспуск макулатуры и размол тряпья, разбавление волокнистой массы, разбавление картонной массы перед картоноделательной машиной, отсекку картонного полотна, непрерывную промывку прессовых сукон, уплотнение сальников насосов, приготовление растворов химикатов, промывку сеток и полотна картоноделательной машины и другие цели. Система водоснабжения – оборотная, прямоточная и с последовательным использованием.

В производстве толя вода используется в основном для вспомогательных целей: приготовления пара и охлаждения механизмов. Система водоснабжения – прямоточная.

В производстве рубероида вода расходуется в основном на охлаждение холодильных цилиндров, конденсаторов битумоокислительной установки, компрессоров и холодильников в компрессорной, подающих воздух на окисление битума. Система водоснабжения – прямоточная с последовательным использованием воды от охлаждения рубероида.

Требования к качеству технологической воды, используемой в производстве мягких кровельных материалов, приведены в табл. 1.62.

Таблица 1.62

**Требования к качеству воды, используемой в производствах
мягких кровельных материалов**

Показатели	Единица измерения	Вода, используемая в производствах	
		рубероида и гидроизоляционных материалов для охлаждения продукта	кровельного картона для технологических нужд (без нагрева)
Температура	°С	28	до 30
Взвешенные вещества	мг/л	до 30	до 50
Эфирорастворимые вещества	мг/л	до 10	до 30
Запах	балл	3	3
рН	–	6,5-7,5	6,0-8,0
Жесткость общая	мг-экв/л	7	7
Щелочность общая	мг-экв/л	5	5
Сухой остаток	мг/л	1000	2000
Сl ⁻	мг/л	350	200
SO ₄ ²⁻	мг/л	500	250
БПК ₅	мгО ₂ /л	20	30
ХПК	мгО/л	100	130
Окисляемость перманганатная	мгО/л	20	60

Предприятия гидроизоляционных материалов (изола, мастики изол, фольгоизола). В производствах гидроизоляционных материалов вода расходуется на охлаждение механизмов и компрессоров, приготовление пара и бытовые нужды. Система водоснабжения – оборотная и прямоточная. Водоснабжение осуществляется тремя системами: свежей технической, оборотной и питьевой воды.

Производство железобетонных изделий. В производстве железобетонных шпал вода расходуется на затворение бетона, смазку форм, промывку закладных деталей, пропарку и полив изделий, охлаждение компрессоров и на бытовые нужды. В производстве железобетонных труб и опор вода расходуется на те же цели и, кроме того, на гидропрессовку и шлифовку раструбов. Система водоснабжения – оборотная и прямоточная. Водоснабжение осуществляется водопроводами свежей технической и питьевой воды.

Вода, используемая для изготовления бетона, должна иметь рН не менее 4; содержание хлоридов в ней не должно превышать 5000 мг/л, сульфатов – 2700 мг/л.

Производство строительных металлоконструкций. На заводах металлоконструкций вода расходуется на охлаждение и мытье оборудования, очистку воздуха в гидрофилтрах окрасочных камер, на мытье и промывку металлоконструкций под горячее цинкование, промывку деталей после обезжиривания и травления, в отстойных ваннах окрасочных камер, на приготовление смесей и эмульсий и пополнение систем оборотного водоснабжения.

Система водоснабжения – оборотная, прямоточная и с использованием очищенных сточных вод.

Требования к качеству технической воды приведены в табл. 1.63.

Таблица 1.63

**Требования к качеству технической воды, используемой
на заводах металлоконструкций**

Показатели	Единица измерения	Допустимая величина
Взвешенные вещества	мг/л	10
Жесткость	мг-экв/л	6
СГ	мг/л	17
SO ₄ ²⁻	мг/л	0,26
Fe _{общ}	мг/л	0,3

§37. Охлаждающие устройства систем оборотного водоснабжения

Процессы охлаждения воды в охладителях. Понижение температуры воды в охладителях происходит в результате передачи ее тепла воздуху. По способу передачи тепла охладители, применяемые в системах оборотного водоснабжения, разделяются на испарительные и поверхностные (радиаторные). В испарительных охладителях охлаждение воды происходит в результате ее испарения при непосредственном контакте с воздухом (испарение 1% воды снижает ее температуру на 6°С). В радиаторных охладителях охлаждаемая вода проходит внутри трубок радиаторов, через стенки которых происходит передача ее тепла воздуху.

Испарительные охладители по способу подвода к ним воздуха разделяются на открытые, башенные и вентиляторные. К открытым охладителям относятся водохранилища-охладители (или пруды-охладители), брызгальные бассейны, открытые градирни; к башенным охладителям – башенные градирни; к вентиляторным охладителям – вентиляторные градирни. Радиаторные охладители, которые называют также сухими градирнями, по способу подвода к ним воздуха могут быть башенными или вентиляторными.

При охлаждении воды в испарительных охладителях понижение ее температуры определяется совместным действием различных по физической природе процессов: теплоотдачи соприкосновением – переноса теплоты путем теплопроводности и конвекции, и поверхностного испарения воды – превращения части ее в пар и переноса пара путем диффузии и конвекции.

При охлаждении воды в открытых водоемах с большим зеркалом воды кроме теплоотдачи соприкосновением и испарением происходит также теплообмен излучением (эффективное излучение).

Выбор охладителей производится на основе технико-экономического сравнения различных типов с учетом показателей работы снабжаемого водой оборудования и требований технологических процессов промышленных предприятий к температуре охлаждающей воды. При сравнении учитывают-

ся также гидрологические, метеорологические, геологические и топографические условия, качество и стоимость добавочной воды, наличие строительных материалов.

Водохранилища-охладители. Охлаждение циркуляционной воды в водохранилищах применяется преимущественно при возможности использования для этой цели естественных водоемов или водохранилищ общего назначения. Если их нет, следует проверить технико-экономическую целесообразность создания специальных водохранилищ-охладителей на водотоках или наливных водохранилищ, питаемых из внешних источников.

По назначению, расположению и условиям питания водохранилища-охладители разделяются на следующие группы:

1. регулирующие водохранилища на водотоках, используемые не только для охлаждения циркуляционной воды, но и для сезонного или многолетнего регулирования стока;
2. водохранилища-охладители на водотоках без регулирования стока, сооружаемые для создания поверхности, достаточной для охлаждения циркуляционной воды;
3. водохранилища-охладители на естественных озерах и прудах;
4. наливные водохранилища, сооружаемые вне водотока, с подпиткой из ближайших рек.

Водохранилища-охладители обеспечивают в течение всего года более низкие температуры охлаждающей воды, чем брызгальные бассейны и градирни с естественной тягой, а в зимние и весенне-осенние месяцы – даже более низкие температуры, чем вентиляторные градирни. Так как водохранилища-охладители являются одновременно регуляторами поверхностного стока, они могут обеспечить надежное обратное водоснабжение крупных промышленных предприятий даже при незначительных водных ресурсах.

Проектирование плотин, дамб, водосбросов и каналов для водохранилищ-охладителей производится по соответствующим нормам проектирования гидротехнических сооружений. Место расположения водосбросных и водозаборных сооружений, а также сооружений, увеличивающих активную зону водохранилища (струераспределительных и струенаправляющих сооружений), выбирают исходя из условий получения необходимой площади активной зоны на основе технико-экономических расчетов.

Струенаправляющие и струераспределительные сооружения выполняются в виде водосливов, лотков, труб, консольных водосбросов. Струераспределительные сооружения наиболее целесообразно выполнять в виде затопленных водосливов распластанного профиля либо в виде фильтрующих дамб из каменной наброски. Такие сооружения обеспечивают выпуск теплой воды на поверхность водохранилища с малыми скоростями, что предотвращает появление глубинного течения к водосбросу.

Наиболее рациональным типом сооружения для забора воды из водохранилища-охладителя глубиной не менее 4,0-5,0 м является глубинный во-

дозабор, обеспечивающий получение воды из придонных слоев. При этом достигается наиболее низкая температура охлаждающей воды, предотвращается или резко уменьшается захват биологических загрязнений (микроорганизмов, низшей водной растительности, личинок моллюсков), достигается наиболее рациональная продувка водохранилища, резко уменьшается захват рыбы. Глубинный водозабор обеспечивает также подачу воды к потребителям при шуговых явлениях без принятия мер по обогреву водозабора.

Глубинные водозаборы выполняются в виде подводной галереи со щелью переменного сечения во фронтальной стенке и козырьком над щелью.

Ниже представлены решения организации водохранилищ-охладителей и схем расположения сооружений, предназначенных для обеспечения наиболее полного использования их поверхности для охлаждения воды:

1. водохранилище вытянутой формы на водотоке – циркуляция обеспечивается отводящим каналом и струенаправляющей дамбой перед водозаборным сооружением;
2. водохранилище сложной формы на водотоке – циркуляция обеспечивается перегораживающей дамбой и искусственной прорезью;
3. широкое водохранилище на водотоке – циркуляция обеспечивается струенаправляющей дамбой;
4. система естественных озер, используемая для охлаждения воды;
5. наливное водохранилище, для сооружения которого использован рельеф местности;
6. наливное водохранилище с круговой циркуляцией воды и водозаборным сооружением в центре;
7. глубокое водохранилище на малом водотоке с выпуском нагретой воды на поверхность и глубинным водозаборным сооружением, расположенным вблизи выпуска – циркуляция воды объемная с разнонаправленными поверхностным и глубинным потоками.

Исследованиями последних лет установлено, что в больших и глубоких водохранилищах-охладителях возможно создание объемной циркуляции воды. Для этого необходимо осуществить забор воды только из глубинных слоев водохранилища, а нагретую воду сбрасывать на поверхность водохранилища с малыми скоростями. При этом нагретая вода, имеющая меньшую плотность, чем холодная, растекается по поверхности водохранилища и, охлаждаясь, переходит в глубинные слои, которые движутся к водозаборным сооружениям. Такая схема циркуляции позволяет отказаться от длинных отводящих каналов и струенаправляющих сооружений при высоком коэффициенте использования площади водохранилища.

Брызгальные устройства применяют как основные охладители в системах оборотного водоснабжения при условии, когда не требуется низкой и постоянной температуры охлаждающей воды. В качестве дополнительных охладителей их размещают над водохранилищами-охладителями для постоянной или периодической работы в жаркие периоды в целях снижения тем-

пературы охлаждающей воды. Они могут применяться также для частичного охлаждения воды, сбрасываемой от промышленного предприятия в реку, с целью уменьшения «теплового загрязнения» водоема.

Брызгальные устройства представляют собой систему сопел, разбрызгивающих подводимую к ним под напором воду, подлежащую охлаждению. Брызгальные устройства могут размещаться либо над искусственным бассейном, служащим для сбора охлажденной воды, либо над естественным водоемом (например, в качестве дополнительных охладителей при ограниченных размерах водохранилищ-охладителей).

Применяемые в брызгальных бассейнах и устройствах сопла можно разделить на два основных типа: центробежные и щелевые.

В соплах первого типа вода проходит по спирали, и разбрызгивание ее происходит под действием центробежной силы. К таким соплам относятся сопло с винтовым вкладышем конструкции МОТЭП, эвольвентные сопла и др. Материалом для таких сопел служат ковкий чугун или пластмассы.

Щелевые сопла (например, П-16) изготавливают из отрезков газовых труб, на конце которых делают прорезы в виде щелей. Образующиеся при этом зубцы отгибают к оси таким образом, чтобы получился конус, в вершине которого оставляется небольшое отверстие.

Сопла располагают на высоте 1,2-1,5 м над уровнем воды по одному или пучками по три-пять. Технические данные сопел некоторых марок указаны в табл. 1.64.

Таблица 1.64

Техническая характеристика разбрызгивающих сопел

Марка сопел	Подача при напоре 6 м, м ³ /ч.	Площадь суммарной поверхности капель, м ²	Число сопел в пучке	Расстояние, м		
				между соплами	между пучками сопел	между распределительными линиями
МОТЭП диаметром 50/25 мм	20,9	41,25	3	1,2-1,5	3,3	12
«Юни-спрей»	19	35,2	3	1,2-1,5	3,3	12
Эвольвентные диаметром, мм:						
– 100/50	34,5	–	1	–	4	8-10
– 50/25	9,1	–	5	1,2-1,5	4	8,5
П-16	46	80	1	–	4,5	9-10

Трубопроводы брызгальных устройств изготавливают обычно из стали и прокладывают над или под уровнем воды. В последнем случае упрощается конструкция опор, устраняется опасность обледенения труб в зимнее время, но ремонт трубопроводов и надзор за ними усложняется. Прокладку труб осуществляют на катковых опорах, которые устанавливают на опорных колоннах из железобетона.

При расположении брызгальных устройств над водоемами трубопроводы прокладывают на сваях или поплавках.

В целях эффективного продувания ветром брызгальных устройств их распределительные линии должны размещаться параллельно направлению господствующих ветров, причем расстояние между крайними соплами, размещенными на распределительной линии, не должно превышать 45 м. При размещении брызгальных устройств следует учитывать возможность образования тумана и обледенения соседних сооружений и дорог.

Глубина воды в брызгальном бассейне обычно принимается равной 1,5 м. Бровка бассейна должна возвышаться над уровнем воды не менее чем на 0,3 м. В бассейне, как правило, должно быть не менее двух секций. Каждая секция должна иметь переливную трубу для предотвращения переполнения бассейна и выпуск для его опорожнения.

Одежда откосов и дна бассейнов должна предотвращать фильтрацию через них воды. Вокруг бассейна устраивают асфальтированную площадку шириной 3-5 м с уклоном в сторону бассейна.

Градирни. Необходимая для охлаждения воды площадь поверхности ее соприкосновения с воздухом создается в градирнях на оросительных устройствах (оросителях), которые могут быть капельными, пленочными или комбинированными. Имеются градирни без оросителей, в которых над водосборными бассейнами внутри башни устанавливаются высоконапорные разбрызгивающие сопла. Эти так называемые брызгальные градирни менее эффективны, чем градирни с капельным или пленочным оросителем, поскольку площадь поверхности контакта воды с воздухом в них относительно меньше.

Охлаждаемая вода распределяется над оросителем градирни по системе деревянных или железобетонных лотков, в дне которых имеются отверстия со вставленными в них трубочками – гидравлическими насадками. Струи воды, вытекающие из насадок, падают на разбрызгивающие тарелочки, образуя фонтаны брызг, орошающие расположенный ниже ороситель. Гидравлические насадки и тарелочки располагают над оросителем с таким расчетом, чтобы факелы брызг, создаваемых соседними тарелочками, перекрывали друг друга, что достигается при расстоянии между ними 1,0-1,25 м. Применяют также напорное водораспределительное устройство из нержавеющей труб, например асбестоцементных. В этом случае вода разбрызгивается над оросителем с помощью специальных низконапорных сопел.

Капельный ороситель состоит из большого числа деревянных реек треугольного или прямоугольного сечения, расположенных горизонтальными ярусами. При падении капель воды с верхних реек на нижние образуются факелы мелких брызг, создающие большую поверхность соприкосновения с воздухом.

Пленочный ороситель состоит из щитов, устанавливаемых вертикально или под небольшим углом к вертикали. По поверхности щитов стекает вода, образуя пленку толщиной 0,3-0,5 мм. Щиты выполняют из отдельных до-

сок, располагаемых горизонтально на некотором расстоянии друг от друга. Применяют и сплошные щиты из хорошо смачивающихся материалов, например из асбестоцементных прессованных листов толщиной 6-8 мм. Для создания сплошной пленки на нижней кромке щита делают треугольные вырезы (фестоны), сосредоточивающие стекающую воду в отдельные струйки, которые как бы растягивают пленку по поверхности щита.

Открытые градирни бывают двух типов; брызгальные и с капельным оросителем. Открытые градирни брызгального типа представляют собой небольшой брызгальный бассейн, огражденный со всех сторон жалюзийными решетками, препятствующими большому выносу брызг воды за пределы градирни. Разбрызгивающие сопла небольшой пропускной способности располагаются на высоте 4-5 м над уровнем воды в резервуаре и направлены вниз. Открытые градирни брызгального типа обычно применяют при небольших расходах охлаждаемой воды – до 300 м³/ч. Их недостатком является низкий охладительный эффект, который, так же как и в брызгальных бассейнах, зависит от силы ветра.

Открытые градирни капельного типа имеют ороситель из деревянных брусков, заключенный в жалюзийные стенки, которые выполняются из щитов, устанавливаемых под углом 45° к вертикали. Водораспределительное устройство выполняется в виде системы труб с соплами. Они обладают несколько большей охладительной способностью и применяются для расходов воды до 1000 м³/ч., например, при водоснабжении компрессорных установок, которые не требуют постоянства температуры охлаждающей воды.

Башенные градирни могут применяться для охлаждения как малых, так и больших расходов воды; запроектированы градирни производительностью до 100000 м³/ч. Они обеспечивают более устойчивое охлаждение и более низкие температуры воды, чем открытые градирни и брызгальные бассейны. Недостатками башенных градирен являются высокая строительная стоимость и сложность их сооружения.

Вытяжные башни градирен служат для создания естественной тяги за счет разности удельных весов наружного воздуха, поступающего в градирню, и нагретого и увлажненного воздуха, выходящего из градирни. Башни градирен малой и средней производительности могут быть цилиндрическими или иметь форму усеченного конуса либо усеченной многогранной пирамиды. Башни крупных градирен выполняют, как правило, в виде оболочек гиперболической формы, которая наиболее рациональна по условиям устойчивости и внутренней аэродинамики.

При противоточных оросителях (воздух движется вверх – навстречу стекающей воде) вытяжные башни сооружаются над ними. Поперечноточные оросители (воздух проходит горизонтально – поперек стекающих вниз пленок или падающих капель воды) располагаются кольцом вокруг башни.

Вентиляторные градирни обеспечивают наиболее глубокое и стабильное охлаждение воды. При применении вентиляторных градирен воз-

можно регулирование температуры охлаждающей воды путем изменения частоты вращения или отключения отдельных вентиляторов.

Вентиляторные градирни бывают двух типов: башенные, оборудованные вентиляторами большой производительности с использованием естественной тяги воздуха, и секционные, состоящие из ряда стандартных секций, каждая из которых обслуживается отдельным вентилятором.

Вентиляторы отсасывающего типа, которые устанавливаются над оросителем, обеспечивают более равномерное распределение воздуха в оросителе и, находясь в зоне теплого воздуха, не обмерзают в зимнее время. Нагнетательные вентиляторы устанавливаются на входном отверстии градирни у ее основания. Для уменьшения уноса капель воды за пределы градирни, связанного с повышенными скоростями движения воздуха в ее оросителе, применяются водоуловительные жалюзийные решетки.

Радиаторные охладители. За последние годы в связи с растущим дефицитом пресной воды во многих промышленно развитых районах начали получать распространение радиаторные охладители. В них охлаждаемая вода не имеет непосредственного контакта с воздухом, поэтому не происходит ее потеря на испарение и на унос капель воздушным потоком.

Современная конструкция радиаторов в виде охлаждающих колонн, состоящих из алюминиевых трубок диаметром 15 мм с насаженными на них общими штампованными алюминиевыми ребрами толщиной 0,3 мм, разработана доктором Форго (Венгрия). Эти радиаторы изготовляют стандартных размеров (0,3×2,5×5,0 м) и собирают в колонны высотой 10 или 15 м, которые устанавливают в воздухоподводящих окнах сухой градирни.

Охлаждение воды в радиаторных охладителях может быть интенсифицировано путем орошения водой наружной поверхности радиаторов. С целью экономии воды орошение производится только в наиболее жаркие периоды летних дней.

§38. Потери воды в охладителях

При охлаждении воды в испарительных охладителях часть ее теряется на испарение. Величина потерь воды на испарение определяется по формуле

$$q = k \cdot \Delta t, \quad (1.45)$$

где q – количество испарившейся воды в процентах от циркуляционного расхода;

k – коэффициент, учитывающий долю теплоотдачи испарением в общем процессе теплопередачи в охладителе. Принимается по данным табл. 1.65;

Δt – перепад температур, °С.

Кроме потерь циркуляционной воды на испарение некоторое ее количество уносится вместе с воздухом за пределы охладителя. Потери на унос в процентах от циркуляционного расхода приведены в табл. 1.66.

Таблица 1.65

Значение коэффициента k

Сезон года	Коэффициент k	
	для водохранилищ-охладителей	для брызгальных бассейнов и градирен
Лето	0,10-0,13	0,13-0,15
Весна и осень	0,08-0,09	0,11-0,12
Зима	0,06-0,07	0,09-0,10

Таблица 1.66

Потери циркуляционной воды при ее уносе воздухом

Тип охладителей	Потери воды, %
Брызгальные бассейны пропускной способностью, м ³ /ч.:	
– до 500	2,0-3,0
– более 500	1,5-2,0
Градирни:	
– открытые и брызгальные	0,5-1,5
– башенные	0,5-1,0
– вентиляторные (при наличии водоуловителей)	0,3-5,0

§39. Классификация сточных вод и систем канализации

Под канализацией понимается комплекс оборудования, сетей и сооружений, предназначенных для организованного приема и удаления по трубопроводам за пределы населенных пунктов или промышленных предприятий загрязненных сточных вод, а также для их очистки и обезвреживания перед утилизацией или сбросом в водоем.

В зависимости от происхождения, вида и качественной характеристики примесей сточные воды подразделяют на три основные категории:

1. бытовые (хозяйственно-фекальные) – воды от кухонь, туалетных комнат, душевых, бань, прачечных, столовых, больниц, а также хозяйственные воды, образующиеся при мытье помещений. По природе загрязнений они могут быть:
 - а) фекальные – загрязненные физиологическими отбросами;
 - б) хозяйственные – загрязненные хозяйственными отходами;
2. производственные (промышленные) – воды, использованные в технологическом процессе, не отвечающие более требованиям, которые предъявляются к их качеству, и подлежащие удалению с территории предприятий. Сюда относятся также воды, откачиваемые на поверхность земли при добыче полезных ископаемых (угля, нефти, руды и др.);
3. атмосферные – воды, образованные в результате выпадения атмосферных осадков. Их подразделяют на:
 - а) дождевые;
 - б) талые, получающиеся от таяния льда и снега.

Воды от мытья и поливки улиц, а также от фонтанов и дренажей по качественной характеристике загрязняющих примесей близки к дождевым водам и удаляются совместно с ними.

Сточные воды загрязнены всевозможными примесями органического и минерального происхождения, которые могут находиться в них в виде раствора, коллоидов, суспензии и нерастворимых веществ. Бытовые сточные воды кроме органических и минеральных примесей содержат биологические примеси, состоящие из бактерий, в том числе и болезнетворных, а поэтому они потенциально опасны.

Производственные сточные воды загрязнены в основном отходами и отбросами производства. Количественный и качественный составы минеральных, органических и биологических примесей производственных сточных вод зависят от отрасли промышленности и технологического процесса. В производственных сточных водах некоторых предприятий могут находиться ядовитые вещества (синильная кислота, фенол, мышьяк, анилин, сероуглерод, соли тяжелых металлов), а также радиоактивные элементы.

В зависимости от количества содержащихся примесей производственные сточные воды подразделяют на загрязненные (грязные) и незагрязненные. Загрязненные сточные воды перед выпуском в водоем подвергают очистке (освобождают от примесей), незагрязненные выпускают в водоем без обработки или повторно используют в производстве.

Атмосферные воды при выпадении насыщаются растворенными газами, атмосферной пылью, аэрозолями, а при стекании смывают с поверхности крыш, внутриквартальных территорий и проездов пыль, мусор, бензин, масла и другие загрязнения. Атмосферные воды, содержащие преимущественно минеральные загрязнения, сбрасываются в водоемы без очистки, а стекающие с загрязненных территорий промышленных предприятий подвергаются очистке.

Под **системой канализации** принято понимать совместное или раздельное отведение сточных вод трех категорий. В практике наиболее широкое распространение получили общесплавная и раздельные системы канализации. Общесплавными (рис. 2.1, *а*) называют системы канализации, при которых все сточные воды – бытовые, производственные и атмосферные – сплавляются по одной общей сети труб и каналов за пределы городской территории на очистные сооружения. Раздельными называют системы канализации, при которых дождевые и условно чистые производственные воды отводят по одной сети труб и каналов, а бытовые и загрязненные производственные сточные воды – по другой, одной или нескольким сетям.

Раздельная система канализации может быть полной или неполной.

Полной раздельной (рис. 2.1, *б*) называют систему, включающую две или несколько совершенно самостоятельных канализационных сетей:

- сеть, по которой отводят только дождевые или дождевые и условно производственные воды;
- сеть для отвода бытовых и части загрязненных производственных вод, допускаемых к спуску в бытовую канализацию;
- сеть, по которой отводят загрязненные производственные воды, не допускаемые к совместному отведению с бытовыми.

Неполной раздельной (рис. 2.1, *в*) называют систему канализационных сетей, предусматриваемую для отвода только наиболее загрязненных производственных и бытовых сточных вод; атмосферные воды при этой системе стекают в водные протоки по кюветам проездов, открытым лоткам и тальвегам.

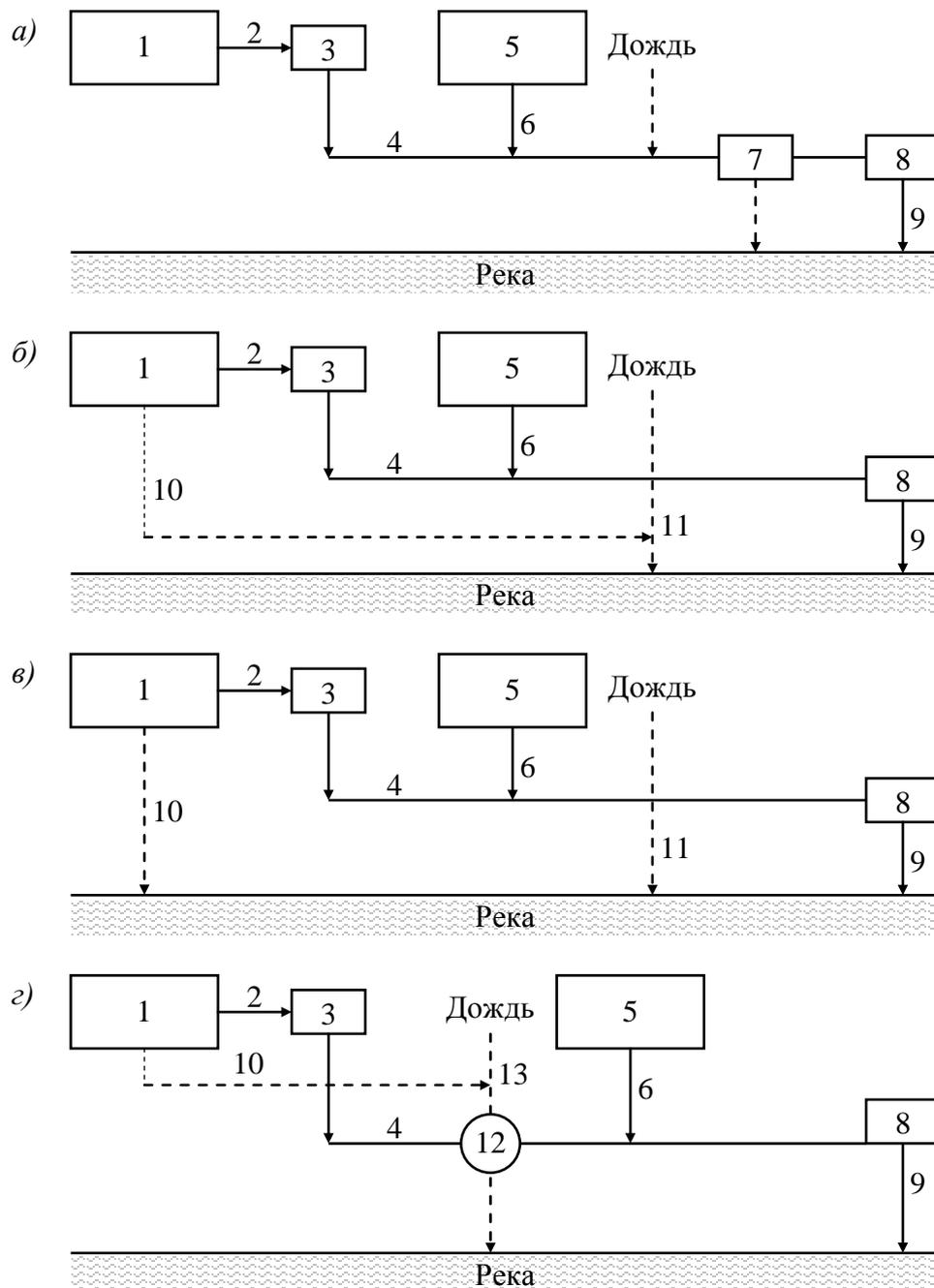


Рис. 2.1. Системы канализации:

1 – промышленные предприятия; 2 – загрязненные промышленные стоки; 3 – местные очистные сооружения на промышленных предприятиях; 4 – коллектор хозяйственно-бытовой канализации; 5 – жилые и административные здания; 6 – бытовые сточные воды; 7 – ливнеспуск; 8 – очистные сооружения; 9 – выпуск сточных вод в водоем; 10 – условно-чистые промышленные воды; 11 – лотки; 12 – трубопровод производственно-дождевой сети; 13 – водосборная ка-

Разновидностями общесплавной и раздельной систем являются полураздельная (рис. 2.1, г) и комбинированные системы канализации. Полураздельная система канализации состоит из тех же самостоятельных канализационных сетей, что и полная раздельная система, и одного главного коллек-

тора, отводящего на очистные сооружения бытовые, производственные, талые воды, воды от мытья улиц и часть наиболее загрязненных дождевых вод.

Комбинированные системы канализации появились в результате расширения городов, имеющих общесплавную систему канализации. Ввиду того, что в сухую погоду общесплавные коллекторы загружены не полностью, к ним присоединяли бытовую и производственную канализационные сети от районов новой застройки, а для атмосферных вод, которые уже не могли быть приняты в существующие общесплавные коллекторы, прокладывали самостоятельные дождевые канализации с выпуском атмосферных вод в ближайшие водоемы без очистки. Таким образом, появилась комбинированная система канализации, при которой в одних районах города сохранилась общесплавная система, в других – полная раздельная, в третьих – неполная раздельная система.

Канализационную сеть, предназначенную для приема и отведения атмосферных вод, называют дождевой (ливневой) или водостоком. Если в дождевую канализацию сбрасывают практически чистые незагрязненные производственные сточные воды, то ее называют производственно-дождевой.

Канализационную сеть, предназначенную для приема и отведения бытовых вод, называют бытовой.

Производственной называют канализационную сеть промышленного предприятия, предназначенную для приема и отведения только загрязненных производственных сточных вод (при отдельном их удалении); производственно-бытовой – сеть, предназначенную для приема и отведения совместно производственных и бытовых сточных вод. Совместное отведение бытовых и производственных сточных вод допускается только в тех случаях, когда это не нарушает работы сети и очистных сооружений бытовой канализации.

§40. Схемы канализации

Канализация и ее основные сооружения. Схемой канализации называют технически и экономически обоснованное проектное решение принятой системы канализации с учетом местных условий и перспектив развития объекта канализования.

Все канализационные сооружения любой системы и схемы канализации по своему назначению делятся на две основные группы:

1. оборудование и сооружения, предназначенные для приема и транспортирования сточных вод:
 - а) внутренние канализационные устройства;
 - б) наружная канализационная сеть;
 - в) насосные станции и напорные канализационные водоводы.
2. оборудование и сооружения, предназначенные для очистки и сброса сточных вод:
 - а) очистные станции, предназначенные для очистки, обезврежива-

- ния, обеззараживания сточных вод и для обработки осадка;
- б) выпуски очищенных вод в водоем.

Внутренние канализационные устройства состоят из приемников и из сети – отводных труб, стояков, выпусков и дворовой сети. В жилых и общественных зданиях приемниками сточных вод служат различные санитарные приборы (унитазы, писсуары, раковины, умывальники, мойки, трапы, ванны и пр.), а в производственных помещениях – воронки, трапы, открытые и закрытые лотки, располагаемые у производственных аппаратов и машин.

Наружной канализационной сетью называют уложенную с уклонами разветвленную подземную сеть труб и каналов, отводящую сточные воды самотеком к насосной станции, очистным сооружениям или в водоем. В зависимости от назначения, места укладки и размеров наружные канализационные сети называют: дворовой – уложенной в пределах одного владения; внутриквартальной – уложенной внутри квартала; заводской – уложенной на территории промышленных предприятий; уличной – уложенной по улицам и проездам и принимающей сточные воды из дворовых, внутриквартальных и заводских сетей. Уличная сеть городов сильно разветвлена и охватывает обширные территории, с которых сточные воды отводятся преимущественно самотеком. Для этого всю канализуемую территорию населенного места делят на бассейны канализования – участки канализуемой территории, ограниченные водоразделами.

Участок канализационной сети, собирающий сточные воды из одного или нескольких бассейнов канализования, называют коллектором. Коллекторы подразделяют на:

1. коллекторы бассейна канализования, собирающие сточные воды из канализационной сети одного бассейна;
2. главные коллекторы, собирающие сточные воды двух или нескольких коллекторов бассейнов канализования;
3. загородные (или отводные) коллекторы, отводящие сточные воды транзитом (без присоединений) за пределы объекта канализования к насосным станциям, очистным сооружениям или к месту выпуска в водоем.

При необходимости подъема сточных вод на более высокие отметки устраивают канализационные насосные станции, которые перекачивают воду по напорным водоводам. В зависимости от назначения канализационные станции подразделяют на:

1. местные, предназначенные для перекачки сточных вод от одного или нескольких отдельных, неблагоприятно расположенных зданий или жилых кварталов;
2. районные, предназначенные для перекачки сточных вод от отдельных районов или бассейнов канализования;
3. главные, перекачивающие основную часть или все количество сточных вод канализуемого населенного пункта или промышленного предприятия.

Очистные станции предназначены для очистки сточных вод и обработки осадков. Они компонуются из комплексов очистных и вспомогательных сооружений, связанных между собой инженерными коммуникациями в единую технологическую схему. Комплексы очистных сооружений выбирают в зависимости от концентрации, качественной и количественной характеристики загрязняющих примесей, а также от требований, предъявляемых к очищенным водам по местным условиям.

Канал, отводящий очищенные сточные воды от очистных станций в водоем и снабженный устройством для перемешивания этих вод с водой водоема, называют выпуском. На коллекторах перед насосной и очистной станциями для сброса сточных вод в водоем без очистки в случае аварии устраивают аварийные выпуски.

Схемы канализации населенных пунктов и промышленных предприятий зависят от рельефа местности, грунтовых условий, места расположения очистных станций, концентрации и разновидностей загрязнений сточных вод, а также планировочных факторов и других условий (наземных и подземных препятствий и др.).

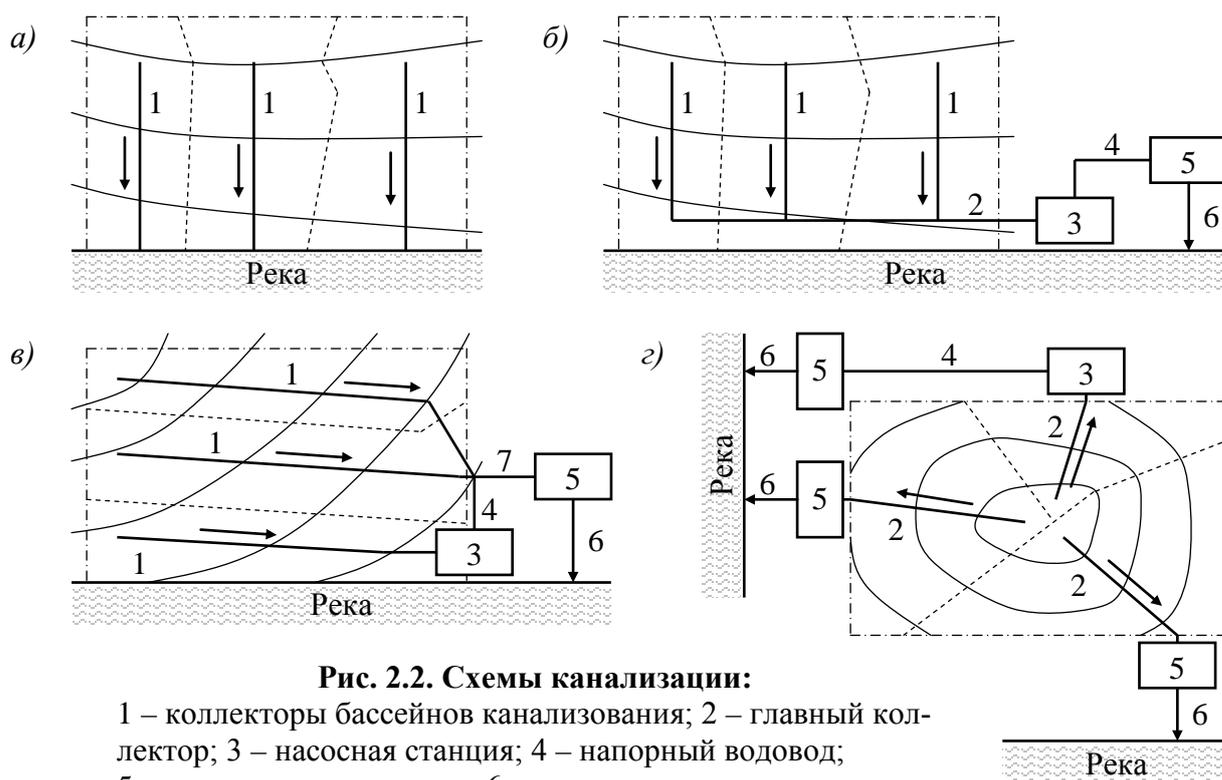


Рис. 2.2. Схемы канализации:

- 1 – коллекторы бассейнов канализования; 2 – главный коллектор; 3 – насосная станция; 4 – напорный водовод; 5 – очистные сооружения; 6 – выпуск очищенных вод в водоем; 7 – отводной коллектор

Ввиду большого разнообразия местных условий трудно дать какие-либо типовые схемы канализационной сети. В качестве приближенной классификаций можно указать следующие схемы канализации:

1. перпендикулярная схема канализационной сети (рис. 2.2, а) – коллекторы бассейнов канализования трассируются по наикратчайшему направлению перпендикулярно водоему, если этому не препятствует рельеф

местности. Перпендикулярная схема применяется в местностях с хорошо выраженным уклоном к водоему для отведения атмосферных и незагрязненных производственных сточных вод;

2. пересеченная схема канализационной сети (рис. 2.2, б) – коллекторы отдельных бассейнов перпендикулярной схемы перехватываются главным коллектором, прокладываемым параллельно водоему. Пересеченная схема применяется в местностях с хорошо выраженным уклоном к водоему для отведения всех трех категорий сточных вод.
3. поясная (зонная) схема канализационной сети (рис. 2.2, в) – территория, состоящая из нескольких отдельных террас со значительной разностью отметок, разбивается на зоны (пояса), канализуемые самостоятельно. Сточные воды всех зон направляются на одну очистную станцию.
4. радиальная (децентрализованная) схема канализационной сети (рис. 2.2, г) – имеется несколько очистных станций. Децентрализованная схема применяется при канализовании крупных городов в условиях как сильно пересеченного, так и очень плоского рельефа местности.

Схемы канализационной сети промышленных предприятий аналогичны схемам канализационной сети населенных пунктов. Однако при разнообразном составе производственных сточных вод и различной степени их загрязненности может оказаться целесообразным устройство на территории предприятия нескольких самостоятельных канализационных сетей.

Районные (региональные) схемы канализации применяются для нескольких близко расположенных населенных пунктов и предприятий в промышленных и густонаселенных районах страны. В этих схемах предусматривается одна очистная станция большой мощности вместо большого числа маломощных очистных сооружений, обслуживающих отдельные объекты. Это дает возможность снизить капитальные и эксплуатационные затраты на очистку сточных вод, надежно защитить открытые водоемы от загрязнения в пределах густонаселенной части района и рационально использовать его водные ресурсы.

Практика показала, что эффективность совместной очистки смеси бытовых и производственных сточных вод, а также надежность контроля на крупных районных очистных станциях значительно выше, чем на отдельных мелких сооружениях.

§41. Выбор системы и разработка схемы канализации

Сравнительная оценка систем канализации. Общесплавная система канализации экономична при многоэтажной застройке, так как протяженность ее внутриквартальной и уличной сетей на 30-40% меньше протяженности двух самостоятельных сетей полной раздельной системы канализации. Затраты на ее эксплуатацию на 15-25% меньше, чем на две сети полной раздельной системы.

В санитарном отношении общесплавная канализация была бы наиболее благоприятной, если бы на главных и отводных коллекторах не устраивались ливнеспуски для сброса во время дождя смеси загрязненных и дождевых вод в открытые водоемы в пределах города. Делается это с целью уменьшения сечений главных коллекторов и напорных трубопроводов, уменьшения мощности насосных и очистных станций, снижения сравнительно высоких первоначальных строительных затрат. Указанное допускается по тем соображениям, что во время ливней количество дождевых вод во много раз превышает количество бытовых и производственных сточных вод, а концентрация загрязнений в смеси вод становится значительно меньше, чем в бытовых сточных водах.

Следует учесть, что при малоэтажной и рассредоточенной застройке общесплавные канализации имеют ряд технических недостатков. В сухую погоду, когда в сеть поступают только бытовые воды, скорость протока их оказывается недостаточной, что вызывает усиленное выпадение осадка и его загнивание. Во время сильных ливней сеть может переполняться, поэтому при возникновении в ней подпора воды могут быть затоплены подвалы зданий, особенно в пониженных районах городской территории.

Раздельная система канализации свободна от указанных недостатков. Достоинством полной раздельной системы является равномерная работа главных коллекторов, насосных станций, напорных трубопроводов и очистных сооружений, рассчитанных только на расход бытовых и производственных сточных вод. Недостатками полной раздельной системы канализации являются: необходимость строительства двух раздельных сетей (производственно-бытовой и дождевой); сброс всех поливочных и дождевых вод в водоем без очистки.

С санитарно-гигиенической точки зрения общесплавная и полная раздельная системы канализации считаются равноценными.

Полураздельная система канализации по санитарным показателям является лучшей по сравнению с общесплавной и раздельной системами. При этой системе во время дождя в водоем поступает минимальное количество загрязнений (количество дождевых вод, сбрасываемых в водоемы без очистки, составляет 3,4-23,4% от общего дождевого стока с территории объекта канализования). Однако из-за высоких первоначальных капиталовложений на одновременное строительство двух сетей с перехватывающим коллектором эта система не находит применения.

Комбинированная система канализации по санитарным и технико-экономическим показателям занимает среднее положение между общесплавной и полной раздельной системами канализации.

Большинство канализаций в Российской Федерации построено по раздельной системе, причем в малых городах – по неполной раздельной системе.

Неполная раздельная система при сравнительно небольших капитальных вложениях и материальных затратах дает возможность отводить из го-

рода в первую очередь наиболее загрязненные и опасные в санитарном отношении бытовые сточные воды и очищать их перед выпуском в водоем. Менее загрязненные атмосферные и поливочные воды отводятся открытыми каналами и лотками. По мере развития города и благоустройства проездов предусматривают возможность устройства закрытой дождевой сети, что создает условия для перехода от неполной раздельной системы канализации к полной. Таким образом, при минимальных материальных и трудовых затратах решают первоочередные санитарные и хозяйственные задачи с возможно более выгодным распределением капитальных вложений по времени и очередности строительства.

Выбор системы канализации. Выбор системы канализации производится с учетом требований к очистке поверхностных сточных вод, климатических условий, рельефа местности и других факторов. Канализование населенных пунктов необходимо предусматривать по раздельной (полной или неполной), полураздельной и комбинированной системам. В районах с интенсивностью дождей менее 90 л/с на 1 га следует применять полураздельную систему канализации.

Канализацию малых населенных пунктов (до 5000 чел.), как правило, предусматривается по неполной раздельной схеме.

Для малых населенных пунктов следует предусматривать объединенные централизованные схемы канализации для одного или нескольких населенных пунктов, отдельных групп зданий и производственных зон. Устройство централизованных схем раздельно для жилой и производственной зон допускается при технико-экономическом обосновании. Для очистки сточных вод следует применять сооружения естественной биологической очистки (поля фильтрации, биологические пруды) и искусственной биологической очистки (аэротенки и биофильтры различных типов, циркуляционные окислительные каналы).

Система водного хозяйства промышленных предприятий должна быть с максимальным повторным (последовательным) использованием производственной воды в отдельных технологических операциях и с оборотом охлаждающей воды для отдельных цехов или всего предприятий в целом. Безвозвратные потери воды должны восполняться за счет аккумуляирования поверхностных сточных вод, бытовых, городских и производственных сточных вод после их очистки и обеззараживания (обезвреживания).

Канализование промышленных предприятий, как правило, предусматривается по полной раздельной системе. Сточные воды, требующие специальной очистки с целью их возврата в производство или для подготовки перед спуском в водные объекты или в систему канализации населенного пункта, следует отводить самостоятельным потоком. Сточные воды, не загрязненные в процессе производства, должны быть использованы в системах производственного водоснабжения предприятия или переданы другому потребителю, в том числе на орошение.

Выбор схемы отведения поверхностных сточных вод на очистку должен осуществляться на основе оценки технической возможности и экономической целесообразности использования поверхностных сточных вод в системах производственного водоснабжения и самостоятельной очистки поверхностных сточных вод. Для очистки поверхностных сточных вод рекомендуется предусматривать простые в эксплуатации и надежные в работе сооружения механической и физико-химической очистки. При необходимости снижения содержания органических примесей осветленные сточные воды следует направлять на сооружения биологической очистки.

При раздельной системе канализации очистку поверхностных сточных вод с территории города следует осуществлять на локальных или централизованных очистных сооружениях поверхностного стока. В некоторых случаях возможна совместная очистка поверхностных, бытовых и производственных сточных вод на общих очистных сооружениях, при этом поверхностные сточные воды следует аккумулировать в накопителях и подавать в систему канализации в часы минимального притока городских сточных вод.

При полураздельной системе канализации очистку смеси поверхностных вод с бытовыми и производственными сточными водами следует осуществлять по полной схеме очистки, принятой для городских сточных вод.

Условия приема сточных вод в канализационные сети. Возможность приема различных категорий сточных вод в канализационные сети систем канализации определяется исходя из состава загрязнений этих вод и целесообразности совместной их очистки (см. табл. 2.1).

Таблица 2.1

Условия приема сточных вод в канализационные сети

Категория сточных вод	Система канализации				Общесплавная сеть
	Раздельная сеть				
	бытовая	производст.-бытовая	дождевая		
закрытая			открытая		
Бытовые сточные воды					
От жилых, общественных, коммунальных и производственных зданий	+	+	-	-	+
От инфекционных отделений больниц, карантинных, ветеринарных лечебниц после хлорирования	+	+	-	-	+
От сливных станций и сливных пунктов, оборудованных решетками и песколовками, после разжижения водой	+	+	-	-	+
От мусородробильных установок по размельчению кухонных и хозяйственных отходов	+	+	-	-	+
От моек автомашин (после пропускания через грязеуловитель и маслобензолуловитель)	-	-	+	+	+

Продолжение табл. 2.1

Категория сточных вод	Система канализации				
	Раздельная сеть				Общесплавная сеть
	бытовая	производст.-бытовая	дождевая		
			закрытая	открытая	
От поливки и мытья улиц	–	–	+	+	+
От дренажных и оросительных сетей	–	–	+	+	+
От фонтанов, холодильников и установок кондиционирования воздуха	–	–	+	+	+
Атмосферные сточные воды					
Дождевые и талые	–	–	+	+	+
То же, с территорий, сильно загрязненных продуктами производства	+	+	–	–	+
То же, после предварительной очистки на местных очистных сооружениях	–	–	+	+	+
Чистый снег, сплавляемый по коллекторам	+	+	+	+	+
Производственные сточные воды					
Незагрязненные воды от промышленных холодильников, от охлаждения производственной аппаратуры и оборудования с температурой до + 40°С	–	–	+	+	+
Загрязненные воды с температурой до + 40°С	+	+	–	–	+
Воды, очищенные на локальных очистных сооружениях	+	+	По согласованию с органами Госсаннадзора	–	+
Загрязненные воды после карантинных при мясокомбинатах, воды кожевенных заводов и биофабрик, имеющие инфекционные загрязнения, после очистки и хлорирования	+	+		–	+

Бытовые и загрязненные производственные сточные воды не должны поступать в дождевую сеть, предназначенную для отведения только атмосферных вод, а воды от фонтанов, дренажей и от поливки улиц – в сеть бытовых или производственно-бытовых вод.

Производственные сточные воды могут быть приняты в раздельную или общесплавную сети, если они не содержат токсических органических загрязнений. В тех случаях, когда совместное отведение бытовых и производственных вод не удовлетворяет указанным условиям, они отводятся и очищаются отдельно и могут быть приняты в канализационные сети только после предварительной очистки.

Сточные воды мелких предприятий, а также местной и пищевой промышленности по переработке сельскохозяйственных продуктов могут приниматься в городские канализации без ограничения и в ряде случаев без предварительной обработки. Сточные воды некоторых предприятий, напри-

мер мясокомбинатов и кожевенных заводов, могут быть приняты в городские канализации только после их предварительной обработки и обеззараживания в целях предохранения от попадания патогенных бактерий.

В городские канализации не принимают без предварительной очистки производственные сточные воды, содержащие жиры, масла, смолы, бензин, нефтепродукты, ядовитые вещества в концентрациях, препятствующих биологической очистке и сбросу в водоемы, нерастворимые примеси с большим удельным весом, а также воды с волокнистыми и объемными примесями, которые засоряют и закупоривают сети, затрудняют работу насосных станций, нарушают процессы биологической очистки сточных вод и обработку осадка, а также оказывают разрушающее действие на материал труб и элементы сооружений канализации. Температура производственных сточных вод не должна быть выше 40°C. Не допускается также сброс воды, которая может выделять ядовитые или взрывоопасные газы, а также стоков предприятий тяжелой промышленности, заводов черной металлургии, рудообогатительных фабрик, машиностроительных и химических комбинатов.

§42. Расчетные расходы сточных вод

Расчет расхода бытовых и производственных сточных вод. При разработке схем использования вод, схем и проектов районной планировки населенных пунктов и генеральных планов промышленных узлов удельное среднесуточное (за год) водоотведение допускается принимать по данным табл. 9.2. Удельное водоотведение, приведенное в табл. 9.2, допускается изменять на ± 10-20% в зависимости от климатических и других местных условий и степени благоустройства. При отсутствии данных о развитии промышленности допускается принимать дополнительный расход сточных вод от предприятий в размере до 25% расхода, определенного по удельному водопотреблению, приведенному в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Удельное водоотведение

Объекты канализования	Удельное среднесуточное (за год) водоотведение на одного жителя в населенных пунктах, л/сут.
Города	550
Сельские населенные пункты	150

Расчетный (средний за год) суточный расход бытовых и душевых сточных вод от населения и промышленных предприятий определяется соответственно по формулам:

$$Q_{сут}^{н.п.} = \frac{q_{жс} \cdot N_{жс}}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут.}; \quad (2.1)$$

$$Q_{сут}^{пром} = \frac{q_2 \cdot N_2 + q_o \cdot N_o + q_d \cdot n_{см} \cdot n_d}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут.}, \quad (2.2)$$

где $q_{жс}$ – удельное водоотведение, л/чел. Принимается для канализован-

ных районов по данным табл. 1.2, а для неканализованных районов – 25 л/чел.;

$N_{ж}$ – расчетное число жителей в районах жилой застройки с различной степенью благоустройства, чел. Определяется по формуле (1.4);

q_2 – норма водоотведения на одного человека, работающего в «горячем» цехе, л/чел. Принимается равной $q_2 = 45$ л/чел.;

N_2 – количество рабочих, работающих в «горячих» цехах, чел.;

q_o – норма водоотведения на одного человека, работающего в остальных цехах, л/чел. Принимается равной $q_o = 25$ л/чел.;

N_o – количество рабочих, работающих в остальных цехах, чел.;

q_d – норма расхода воды на одну душевую сетку в смену, л/см. Принимается равной $q_d = 375$ л;

$n_{см}$ – число смен работы предприятия в сутки, см.;

n_d – число душевых сеток, шт. Определяется по формуле (1.13).

Расчетные максимальные и минимальные расходы сточных вод определяются как произведения среднесуточных (за год) расходов сточных вод, определенных по формулам (2.1)-(2.2), на общие коэффициенты неравномерности

$$Q_{сут.max} = K_{gen.max} \cdot Q_{сут}, \text{ м}^3/\text{сут.}; \quad (2.3)$$

$$Q_{сут.min} = K_{gen.min} \cdot Q_{сут}, \text{ м}^3/\text{сут.}, \quad (2.4)$$

где K_{gen} – общие коэффициенты неравномерности водоотведения. Принимаются по данным табл. 2.3.

Таблица 2.3

Общие коэффициенты неравномерности притока сточных вод

Коэффициент	Средний расход сточных вод, л/с								
	5	10	20	50	100	300	500	1000	≥ 5000
$K_{gen.max}$	2,50	2,10	1,90	1,70	1,60	1,55	1,50	1,47	1,44
$K_{gen.min}$	0,38	0,45	0,50	0,55	0,59	0,62	0,66	0,69	0,71

Расчет расхода производственных сточных вод. Расчетный среднесуточный расход производственных сточных вод от промышленных предприятий следует определять на основании технологических данных. Также могут использоваться укрупненные нормы водоотведения на единицу продукции, принятые по данным табл. 2.4, по которым расчетный расход сточных вод от предприятия определяется по формуле

$$Q_{сут} = q_m \cdot N_m, \text{ м}^3/\text{сут.}, \quad (2.5)$$

где q_m – норма водоотведения на единицу продукции, м³;

N_m – объем продукции, выпускаемой предприятием в сутки.

Расчет расхода дождевых вод. Расходы дождевых вод определяются по методу предельных интенсивностей на отвод дождя определенной интенсивности и продолжительности, а также с определенной повторяемостью по формуле

Таблица 2.4

Укрупненные нормы водоотведения для строительной промышленности

№	Наименование	Единица измерения	Среднегодовое количество выпускаемых в водоемы сточных вод на единицу измерения, м ³				
			всего	в том числе			
				подлежащих очистке		не требующих очистки	фильтрационных
1	2	3	4	5	6		
				производственных	бытовых		
1	Камнеобрабатывающие предприятия	1000 м ² плит	20	2	10	8	0
2	Цементные заводы с производством по «сухому» способу (сырье – известняк) с вращающимися печами размером (6,4-7,0)×95,0 м	1 т цемента	0	0	0,1	0	0
3	Цементные заводы с производством по «мокрому» способу (сырье – известняк) с вращающимися печами размером:						
	– 5,0×185,0 м	то же	0,1	0	0,1	0	0
	– 4,5×175,0 м	то же	0,09	0	0,09	0	0
	– 4,0×150,0 м	то же	0,1	0	0,1	0	0
4	Цементные заводы с производством по «мокрому» способу (сырье – мел, мергель) с вращающимися печами размером:						
	– 5,0×185,0 м	то же	0,08	0	0,08	0	0
	– 4,5×175,0 м	то же	0,107	0	0,107	0	0
	– 4,0×150,0 м	то же	0,11	0	0,11	0	0
5	Известковые заводы с обжигом в печах:						
	– шахтных пересыпных	1 т извести	0,191	0,036	0,083	0,072	–
	– шахтных на газе	то же	0,498	0,016	0,112	0,37	–
	– вращающихся по «сухому» способу	то же	0,063	0,013	0,05	0	–
	– вращающихся по «мокрому» способу	то же	0,1	0,035	0,065	0	–

Продолжение табл. 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8
6	Производство известковой муки	то же	0,047	0,028	0,013	0,006	0
7	Заводы строительного гипса	1 т гипса	0,11	0,019	0,03	0,061	0
8	Производство листовых асбестоцементных изделий	1000 усл. плиток	1,65	0,32	0,6	0,37	0,36
9	Производство асбестоцементных труб	1 км труб усл. диаметра	37,44	16,04	6,45	3,1	11,85
10	Заводы изделий из автоклавного силикатного бетона производительностью:						
	– 50000 м ³ /год	1 м ³ изделий	1,15	0,8	0,35	0	0
	– 100000 м ³ /год	то же	0,85	0,6	0,25	0	0
	– 200000 м ³ /год	то же	0,65	0,45	0,2	0	0
11	Производство силикатного кирпича	1000 шт. кирпича	1,0	0,19	0,09	0,66	0,06
12	Заводы керамических плиток для облицовки:						
	– внутренней	1000 м ²	17,59	7,92	9,67	0	0
	– полов	то же	29,29	16,93	12,36	0	0
	– фасадов зданий	то же	41,16	28,23	12,93	0	0
13	Заводы керамических канализационных труб	1 км труб усл. диаметра	14,52	5,25	9,27	0	0
14	Заводы керамических дренажных труб	то же	1,88	0,24	0,56	1,08	0
15	Производство кирпича глиняного:						
	– полнотелого	1000000 шт. усл. кирпича	628	180	268	180	0
	– пустотелого	то же	425	16	174	91	0
16	Производство керамзита пластическим способом мощностью:						
	– 100000 м ³ /год	1000 м ³	744	706	38	–	–
	– 200000 м ³ /год	то же	506	479	27	–	–
	– более 200000 м ³ /год	то же	487	460	27	–	–
17	Производство керамзита сухим способом мощностью:						
	– 100000 м ³ /год	то же	744	706	38	0	0
	– 200000 м ³ /год	то же	506	479	27	0	0

Продолжение табл. 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8
18	Производство керамзита шликерным способом мощностью 200000 м ³ /год	то же	475	448	27	0	0
19	Производство рубероида	1000 м ²	6,96	1,5	0,36	5,1	0
20	Производство толя	то же	1,23	0,98	0,25	0	0
21	Производство изола	то же	5,9	0	0,4	5,5	0
22	Производство плит на синтетическом связующем:						
	– ПМ	1 м ²	0,585	0,4	0	0,185	0
	– ПЛ	то же	0,82	0,6	0	0,22	0
	– ПХ	то же	1,14	0,82	0	0,32	0
	– твердых	то же	1,1	0,7	0	0,4	0
23	Производство плит на битумном связующем:						
	– мягких	то же	0,525	0,4	0	0,125	0
	– полужестких	то же	0,585	0,4	0	0,185	0
	– жестких	то же	0,92	0,7	0	0,22	0
24	Производство плит повышенной жесткости	то же	1,42	0,2	0	0,22	0
25	Заводы крупнопанельного домостроения производительностью:						
	– до 35000 м ³	1 м ³ изделий	1,0	0,7	0,3	0	0
	– до 70000 м ³	то же	1,1	0,8	0,3	0	0
	– до 500000 м ³	то же	1,0	0,7	0,3	0	0
26	Заводы железобетонных труб производительностью:						
	– до 35000 м ³	то же	1,1	0,8	0,3	0	0
	– до 70000 м ³	то же	1,1	0,8	0,3	0	0
	– до 500000 м ³	то же	1,0	0,7	0,3	0	0
27	Заводы железобетонных конструкций производительностью:						
	– до 35000 м ³	то же	1,0	0,7	0,3	0	0
	– до 70000 м ³	то же	1,0	0,7	0,3	0	0
	– до 500000 м ³	то же	0,9	0,6	0,3	0	0
28	Заводы строительных металлоконструкций с окраской мощностью:						
	– 70000-90000 т/год	то же	1,18	0,28	0,90	–	–
	– 30000-60000 т/год	то же	1,24	0,34	0,90	–	–

$$q_r = \frac{z_{mid} \cdot A^{1,2} \cdot F}{1000 \cdot (t_r)^{1,2 \cdot n - 0,1}}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.6)$$

где z_{mid} – среднее значение коэффициента, характеризующего поверхность бассейна стока. Определяется как средневзвешенная величина в зависимости от коэффициентов z , характеризующих поверхность и принимаемых по данным табл. 2.5-2.6;

A – параметр, определяемый по результатам обработки многолетних записей самопишущих дождемеров, зарегистрированных в данном конкретном пункте;

F – расчетная площадь стока, м^2 ;

t_r – расчетная продолжительность дождя, мин.;

n – показатель степени, определяемый по результатам обработки многолетних записей самопишущих дождемеров, зарегистрированных в данном конкретном пункте. Принимается по данным табл. 2.7.

Таблица 2.5

Значение коэффициента z

Поверхность	Коэффициент z
Кровля зданий и сооружений, асфальтобетонные покрытия дорог	по табл. 2.6
Брусчатые мостовые и черные щебеночные покрытия дорог	0,224
Булыжные мостовые	0,145
Щебеночные покрытия, не обработанные вяжущими	0,125
Гравийные садово-парковые дорожки	0,09
Грунтовые поверхности (спланированные)	0,064
Газоны	0,038

Таблица 2.6

Значение коэффициента z для водонепроницаемых поверхностей

Параметр A	300	400	500	600	700	800	1000	1200	1500
Коэффициент z	0,32	0,30	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24	0,23

Таблица 2.7

Значение коэффициентов n , m_r и γ

Район	Значение n		m_r	γ
	$P \geq 1,0$	$P < 1,0$		
Побережье Белого и Баренцева морей	0,40	0,35	130	1,33
Север европейской части России и Западной Сибири	0,62	0,48	120	1,33
Равнинные области запада и центра европейской части России	0,71	0,59	150	1,54
Возвышенности европейской части России, западный склон Урала	0,71	0,59	150	1,54
Восток Украины, низовье Волги и Дона	0,67	0,57	60	1,82
Нижнее Поволжье	0,66	0,66	50	2,00
Наветренные склоны возвышенностей европейской части России и Северное Предкавказье	0,70	0,66	70	1,54

Продолжение табл. 2.7

Район	Значение n		m_r	γ
	$P \geq 1,0$	$P < 1,0$		
Ставропольская возвышенность, северные предгорья Большого Кавказа, северный склон Большого Кавказа	0,63	0,56	100	1,82
Южная часть Западной Сибири, среднее течение реки Или, район озера Але-Куль	0,72	0,58	80	1,54
Предгорья Алтая	0,74	0,66	80	1,82
Северные склоны Западных Саян, Заилийского Алатау	0,57	0,57	80	1,33
Джунгарский Алатау, Кузнецкий Алатау, Алтай	0,61	0,48	140	1,33
Северный склон Западных Саян	0,49	0,33	100	1,54
Средняя Сибирь	0,69	0,47	130	1,54
Хребет Хамар-Дабан	0,48	0,35	130	1,82
Восточная Сибирь	0,60	0,52	90	1,54
Бассейны Шилки и Аргуни, долина Среднего Амура	0,65	0,54	100	1,54
Бассейны Колымы и рек Охотского моря, северная часть Нижнеамурской низменности	0,36	0,48	100	1,54
Побережье Охотского моря, бассейны рек Берингова моря, центр и запад Камчатки	0,35	0,31	80	1,54
Восточное побережье Камчатки южнее 56° северной широты	0,28	0,26	110	1,54
Побережье Татарского пролива	0,35	0,28	110	1,54
Район озера Ханка	0,65	0,57	90	1,54
Бассейны рек Японского моря, остров Сахалин, Курильские острова	0,45	0,44	110	1,54
Черноморское побережье и западный склон Большого Кавказа до Сухуми	0,62	0,58	90	1,54
Побережье Каспийского моря и равнина от Махачкалы до Баку	0,51	0,43	60	1,82
Восточный склон Большого Кавказа, Кура-Араксинская низменность до 500 м	0,58	0,47	70	1,82
Южный склон Большого Кавказа выше 1500 м, южный склон выше 500 м, Дагестан	0,57	0,52	100	1,54
Побережье Черного моря ниже Сухуми, Колхидская низменность, склоны Кавказа до 2000 м	0,54	0,50	90	1,33
Бассейн Куры, восточная часть Малого Кавказа, Талышский хребет	0,63	0,52	90	1,33

При отсутствии обработанных данных многолетних записей дождей значение параметра A допускается определять по формуле

$$A = q_{20} \cdot 20^n \cdot \left(1 + \frac{\lg P}{\lg m_r}\right)^\gamma, \quad (2.7)$$

где q_{20} – интенсивность дождя, л/с на 10000 м^2 , для данной местности продолжительностью 20 мин. при $P = 1$ год. Принимается по графику на рис. 2.3;

P – период однократного превышения расчетной интенсивности дождя, лет;

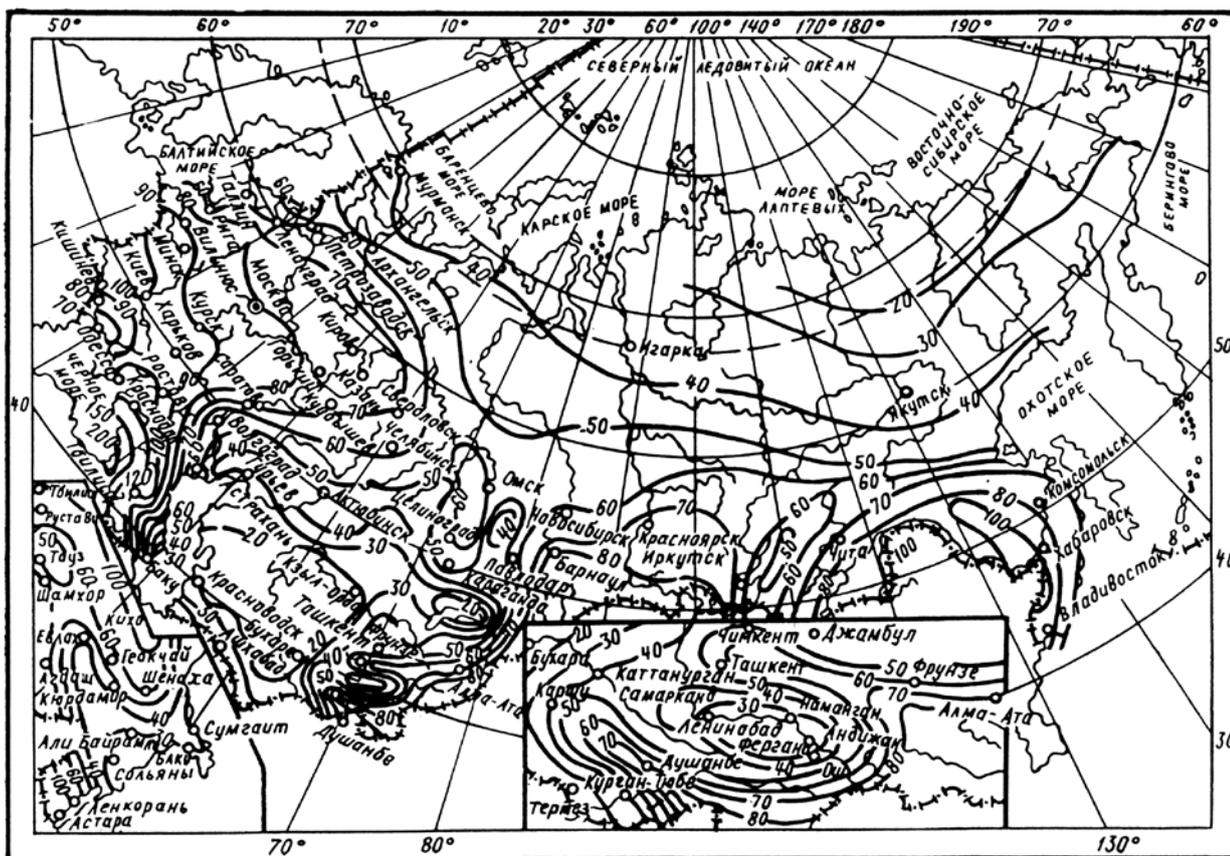


Рис. 2.3. Значения величин интенсивности дождя q_{20}

m_r – среднее количество дождей за год. Принимается по данным табл. 2.7;

γ – показатель степени. Принимается по данным табл. 2.7.

Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя (т.е. период, за который произойдет один раз переполнение сети) выбирается в зависимости от характера объекта канализования, условий расположения коллектора с учетом последствий, которые могут быть вызваны выпадением дождей, превышающих расчетные, и принимается по данным табл. 2.8-2.9.

Таблица 2.8

Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя для территории населенных пунктов

Условия расположения коллекторов		Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя, годы, при значениях q_{20}			
на проездах местного значения	на магистральных улицах	до 60	свыше 60 до 80	свыше 80 до 120	свыше 120
Благоприятные и средние	Благоприятные	0,33-0,5	0,33-1,0	0,5-1,0	1,0-2,0
Неблагоприятные	Средние	0,5-1,0	1,0-1,5	1,0-2,0	2,0-3,0
Особо неблагоприятные	Неблагоприятные	2,0-3,0	2,0-3,0	3,0-5,0	5,0-10,0
–	Особо неблагоприятные	3,0-5,0	3,0-5,0	5,0-10,0	10,0-20,0

Таблица 2.9

**Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя
для территории промышленных предприятий**

Результат кратковременного переполнения сети	Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя, годы, при значениях q_{20}		
	до 70	свыше 70 до 100	свыше 100
Технологические процессы предприятия:			
– не нарушаются	0,33-0,5	0,5-1,0	2,0
– нарушаются	0,5-1,0	1,0-2,0	3,0-5,0

Условия расположения коллекторов характеризуются:

- благоприятные бассейн площадью не более 1500000 м² имеет плоский рельеф при уклоне поверхности 0,005 и менее; коллектор проходит по водоразделу или в верхней части склона на расстоянии от водораздела не более 400 м;
- средние бассейн площадью свыше 1500000 м² имеет плоский рельеф при уклоне поверхности 0,005 и менее; коллектор проходит в нижней части склона по тальвегу с уклоном склонов 0,02 и менее, при этом площадь бассейна не превышает 1500000 м²;
- неблагоприятные коллектор проходит в нижней части склона, площадь бассейна превышает 1500000 м²; коллектор проходит по тальвегу с крутыми склонами при среднем уклоне склонов свыше 0,02;
- особо неблагоприятные коллектор отводит воду из замкнутого пониженного места (котловины);

Расчетная площадь стока для рассчитываемого участка сети принимается равной площади стока или части ее, дающей максимальный расход стока. В тех случаях, когда площадь стока коллектора составляет 5000000 м² и более, в формулу (2.6) следует вводить поправочный коэффициент K , учитывающий неравномерность выпадения дождя по площади и принимаемый по данным табл. 2.10.

Таблица 2.10

Значение коэффициента K

Площадь стока, 10 ⁶ м ²	< 5	5	10	20	40	60	80	100
Коэффициент K	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,70	0,60	0,55

Расчетная продолжительность дождя принимается равной расчетной продолжительности протекания дождевых вод по поверхности и трубам и определяется по формуле

$$t_r = t_{con} + t_{can} + t_p, \text{ мин.}, \quad (2.8)$$

где t_{con} – продолжительность протекания дождевых вод до уличного лотка или при наличии дождеприемников в пределах квартала до уличного коллектора (время поверхностной концентрации), мин. Принимается равной 5-10 мин. при отсутствии внутриквартальных закрытых дождевых сетей, и 3-5 мин. – при их наличии;

t_{can} – продолжительность протекания дождевых вод по уличным лоткам до дождеприемников (при отсутствии их в пределах квартала),

$$t_{can} = 0,021 \cdot \sum \frac{l_{can}}{v_{can}}, \text{ мин.}, \quad (2.9)$$

здесь l_{can} – длина участков лотков, м;

v_{can} – расчетная скорость течения на участке, м/с,

$$v_{can} = 10 \cdot \sqrt{i_{can}} \leq v_{can}^{\max}, \text{ м}^2, \quad (2.10)$$

здесь i_{can} – уклон лотков. Принимается по фактическому рельефу, но не менее значений, приведенных в табл. 2.11;

v_{can}^{\max} – максимальная скорость движения воды в лотках.

Принимается по данным табл. 2.12;

t_p – продолжительность протекания дождевых вод по трубам до рассчитываемого сечения,

$$t_p = 0,017 \cdot \sum \frac{l_p}{v_p}, \text{ мин.}, \quad (2.11)$$

Таблица 2.11

Наименьший уклон элементов открытой дождевой сети

Лотки, кюветы, канавы	Наименьший уклон
Лотки проезжей части при:	
– покрытия асфальтобетоном	0,003
– брусчатом или щебеночном покрытии	0,004
– булыжной мостовой	0,005
Отдельные лотки и кюветы	0,005
Водоотводные канавы	0,003

Таблица 2.12

Наибольшая скорость движения в лотках

Тип крепления	Наибольшая скорость движения, м/с, при глубине потока от 0,4 до 1,0 м
Крепление бетонными плитами	4,0
Известняки, песчаники средние	4,0
Мощение одинарное	2,0
Мощение двойное	3,0-3,5

При глубине потока менее 0,4 м значения скоростей движения сточных вод следует принимать с коэффициентом 0,85, при глубине свыше 1,0 м – с коэффициентом 1,25.

здесь l_p – длина расчетных участков коллектора, м;
 v_p – расчетная скорость течения на участке, м/с,
 $v_p^{\min} \leq v_p = 10 \cdot \sqrt{i_p} \leq v_p^{\max}$, м², (2.12)

здесь i_p – уклон труб. Принимается по фактическому рельефу, но не менее 0,007;

v_p^{\min} – минимальная скорость движения воды в трубах.

Принимается по данным табл. 2.13. При значении $P = 0,33$ года минимальная скорость принимается $v_p^{\min} = 0,6$ м/с;

v_{\max} – максимальная скорость движения в воды в трубах. Принимается равной 10,0 м/с для металлических труб и 7,0 м/с – для неметаллических труб.

Таблица 2.13

Наименьшая скорость движения в трубах

Диаметр, мм	Скорость v_{\min} , м/с, при наполнении H/D			
	0,60	0,70	0,75	0,80
200-250	0,70	–	–	–
300-450	–	0,80	–	–
450-500	–	–	0,90	–
600-800	–	–	1,00	–
900	–	–	1,15	–
1000-1200	–	–	–	1,15
1500	–	–	–	1,30
свыше 1500	–	–	–	1,50

Расчетный расход дождевых вод определяется по формуле

$$q_{cal} = q_r \cdot \beta, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.13)$$

где β – коэффициент, учитывающий заполнение свободной емкости сети в момент возникновения напорного режима. Принимается по данным табл. 2.14.

Таблица 2.14

Значение коэффициента β

Показатель степени n	$\leq 0,4$	0,5	0,6	$\geq 0,7$
Коэффициент β	0,80	0,75	0,70	0,65

При уклонах местности 0,01-0,03 указанные значения коэффициента β следует увеличивать на 10-15% и при уклонах местности свыше 0,03 принимать равным $\beta = 1,0$.

Глава X

КАНАЛИЗАЦИОННЫЕ СЕТИ И СООРУЖЕНИЯ НА НИХ

§43. Проектирование наружной канализационной сети

Основным исходным материалом для разработки проекта канализации населенного пункта является проект районной планировки или проект планировки и застройки населенного пункта, а для проектирования канализации промышленного предприятия – генеральный план предприятия.

Проектирование канализационной сети начинают с разбивки территории города на бассейны канализования по водоразделам и выбора места размещения очистной станции и места выпуска очищенных сточных вод в водный проток. При выборе места для размещения очистных станций необходимо учитывать долговременные перспективы развития и рост территории городов, чтобы станции не оказались в зоне застройки.

При проектировании канализационной сети по возможности принимают минимальное ее заглубление и самотечный режим движения бытовых и производственных сточных вод. Намечают трассу главного коллектора и трассы коллекторов бассейнов канализования, выявляют районы, для которых требуется перекачка сточных вод, выбирают площадки для размещения насосных станций и намечают принципиальную схему канализации города по бассейнам канализования.

Границы отдельных бассейнов канализования определяют по рельефу местности и проекту вертикальной планировки города. При плоском рельефе местности границы бассейнов назначают исходя из условий возможно большего охвата территории самотечной сетью при наиболее целесообразной глубине заложения главного коллектора. По бассейнам канализования выявляют направление движения сточных вод и районы, где требуется перекачка сточных вод.

Трассировка канализационной сети один из ответственных этапов при составлении схемы канализации. От принятых принципов трассировки зависит стоимость канализации. На выбор трассы сети влияют: рельеф местности и вертикальная планировка; принятая система канализации и число канализационных сетей; перспективы развития и очередность строительства; грунтовые условия; характер застройки кварталов; ширина улиц; напряженность движения по ним; насыщенность подземными сооружениями; места расположения промышленных предприятий.

Трассировку канализационной сети производят следующим образом: сначала трассируют главный и отводной коллекторы, подающие воду на очистные станции; затем – коллекторы бассейнов канализования; в последнюю очередь – уличную сеть. При трассировке коллекторов и сети исходят

из условий самотечного канализования возможно большей части населенного места при минимальной их протяженности.

Главные коллекторы трассируют по тальвегам, по набережным рек и ручьев, учитывая при этом возможность присоединения коллекторов бассейнов канализования и всех боковых присоединений без излишнего заглубления главного коллектора. При плоском рельефе местности коллекторы трассируют по возможности по середине бассейна. Коллекторы больших диаметров целесообразно трассировать по проездам со слабо развитой подземной сетью городских сооружений и небольшим движением городского транспорта. При трассировке коллекторов следует иметь в виду, что чем больше диаметр коллектора, тем меньший уклон требуется для создания самоочищающей скорости. Следует избегать прокладки длинных параллельных коллекторов с малым расходом сточных вод,

В пределах застройки все коллекторы трассируют по городским проездам в зеленых или в технических зонах. Исключение допускают для бассейнов, в которых направление городских проездов не совпадает с тальвегами. При проектировании обычно разрабатывают несколько возможных вариантов схем трассировки канализационных коллекторов и выбирают наиболее выгодный по технико-экономическим показателям при равноценности вариантов по санитарно-техническим показателям.

Уличную сеть трассируют по проездам и внутри кварталов по наикратчайшему направлению от водоразделов к тальвегам с уклоном, по возможности параллельным поверхности земли, уменьшая до минимума глубину заложения сети.

На трассировку канализационных сетей влияет принятая система канализация. При полной раздельной системе канализации предусматривают прокладку по проездам двух сетей – дождевой и бытовой; при неполной раздельной системе оставляют трассу для последующей прокладки коллекторов дождевой канализации.

Дождевую канализацию трассируют так, чтобы расстояние до места выпуска сточных вод в ближайший водоем или в тальвег было наименьшим.

При общесплавной канализации главный коллектор трассируют вдоль берега водотока или тальвега, в которые можно сбрасывать часть сточных вод через ливнеспуски во время сильных ливней.

После начертания сети в плане составляют общую схему канализации, на которой помимо основных коллекторов и сети наносят места расположения насосных станций, очистных сооружений и выпусков.

§44. Конструкции канализационных сетей

Трубы и коллекторы, применяемые в канализации для отведения сточных вод, должны обладать прочностью, долговечностью, зависящей от их способности хорошо противостоять истиранию и коррозии, водонепрони-

цаемостью, удовлетворять гидравлическим требованиям, обеспечивать минимальные затраты средств и материалов при их строительстве.

Материал и типы труб. Материал труб для устройства канализация выбирается в соответствии с назначением трубопроводов, а также с составом сточных и грунтовых вод. Для самотечных канализационных трубопроводов следует применять безнапорные железобетонные, бетонные, керамические, чугунные, асбестоцементные и пластмассовые трубы, а для напорных – напорные железобетонные, асбестоцементные, чугунные, стальные и пластмассовые трубы.

Самотечную канализационную сеть укладывают из керамических, асбестоцементных и безнапорных железобетонных труб, а коллекторы больших диаметров – из железобетонных труб или сборных железобетонных элементов.

Для напорных трубопроводов применяют металлические, асбестоцементные, напорные железобетонные и пластмассовые трубы.

Керамические трубы применяют с внутренним диаметром 150-600 мм и длиной 1000-1500 мм для строительства безнапорных сетей канализации, транспортирующих промышленные, бытовые и дождевые неагрессивные и агрессивные сточные воды. На наружной поверхности конца трубы и на внутренней поверхности раструба имеются рифли (борозды), которые не покрываются глазурью, что способствует лучшему сцеплению трубы с материалом, применяемым для заделки стыка.

Достоинствами керамических труб являются достаточная прочность, водонепроницаемость, долговечность и способность противостоять химическим и температурным воздействиям; они имеют гладкие стенки и удобны в укладке.

Техническая характеристика применяемых керамических труб приведена в табл. 2.15.

Таблица 2.15

Керамические трубы

Ствол трубы			Раструб трубы		Толщина стенки, мм
внутренний диаметр, мм	длина, мм	длина нарезки, мм	внутренний диаметр, мм	глубина, мм	
150	1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500	60	224	60	19
200			282		20
250			340		22
300			398		27
350		70	70	456	28
400				510	30
450				568	34
500				622	36
550				678	39
600				734	41

Керамические кислотоупорные трубы применяются для отведения производственных сточных вод с кислой реакцией. Их изготавливают раструбными диаметром 50-300 мм. Длина кислотоупорных труб изготовленных из кислотоупорной глины составляет 300-1500 мм, из фаолита, ферросилида, антихлора – 300-2000 мм.

Для устройства дренажных сетей изготавливают керамические дренажные трубы без раструбов с цилиндрической и восьмигранной наружной поверхностью диаметром 50-300 мм и длиной 333 мм. Техническая характеристика применяемых дренажных труб приведена в табл. 2.16.

Таблица 2.16

Дренажные трубы

Внутренний диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Длина трубы, мм
50	11	333
75	13	333
100	15	333
125	18	333
150	20	333
175	22	333
200	24	333
250	25	333
300	27	333

Асбестоцементные трубы находят широкое применение в канализационном строительстве. Для устройства напорных трубопроводов, илопроводов и дюкеров, прокладываемых через суходолы, применяют напорные асбестоцементные трубы (табл. 1.48). Для устройства самотечных сетей применяют безнапорные трубы с гладкими концами диаметром 100-400 мм и длиной 2950-3950 мм, соединяемые на асбестоцементных муфтах.

Асбестоцементные трубы обладают высокой водонепроницаемостью, хорошо сопротивляются растягивающим усилиям и давлению, легко подвергаются обработке, имеют очень гладкую поверхность и малотеплопроводные. Благодаря большой плотности материала эти трубы мало подвержены химическому воздействию различных реагентов. Однако асбестоцементные трубы хрупки и слабо сопротивляются истиранию песком.

Техническая характеристика применяемых асбестоцементных безнапорных труб приведена в табл. 2.17.

Таблица 2.17

Асбестоцементные безнапорные трубы

Условный проход, мм	Диаметр трубы, мм		Толщина стенки, мм	Длина трубы, мм	Масса 1,0 м труб, кг
	наружный	внутренний			
100	118	100	9	2950; 3950	6,1
150	161	141	10	2950; 3950	9,4
200	211	189	11	3950	13,2
300	307	279	14	3950	25,0
400	402	368	17	3950	40,5

Железобетонные трубы изготавливаются безнапорными и напорными (табл. 1.49). Железобетонные безнапорные раструбные и фальцевые трубы с круглым отверстием предназначены для прокладки подземных трубопроводов, транспортирующих самотеком бытовые жидкости и атмосферные сточные воды, а также подземные воды и не агрессивные производственные жидкости. Железобетонные трубы подразделяют на трубы типа: Т – цилиндрические раструбные со стыковыми соединениями, уплотняемыми герметиками или другими материалами; ТП – то же, с подошвой; ТБ – цилиндрические раструбные с упорным буртиком на стыковой поверхности втулочного конца трубы и стыковыми соединениями, уплотняемыми резиновыми кольцами; ТБП – то же, с подошвой; ТС – цилиндрические раструбные со ступенчатой стыковой поверхностью втулочного конца трубы и стыковыми соединениями, уплотняемыми резиновыми кольцами; ТСП – то же, с подошвой; ТФП – цилиндрические фальцевые с подошвой и стыковыми соединениями, уплотняемыми герметиками или другими материалами. Техническая характеристика применяемых безнапорных труб приведена в табл. 2.18.

Таблица 2.18

Железобетонные безнапорные трубы

Тип трубы	Диаметр трубопровода, мм			Толщина стенки, мм	Длина трубы, мм
	условный	внутренний	наружный		
Т	400	400	500	50	5000
	500	500	620	60	5000
	600	600	720	60	5000
	800	800	960	80	5000
	1000	1000	1200	100	5000
	1200	1200	1420	110	5000
	1400	1400	1620	110	5000
ТП	1600	1600	1840	120	5000
	1000	1000	1200	100	5000
	1200	1200	1420	110	5000
	1400	1400	1620	110	5000
	1600	1600	1840	120	5000
	2000	2000	2260	130	4500
ТБ	2400	2400	2700	150	3000
	400	400	500	50	5000
	500	500	620	60	5000
	600	600	720	60	5000
	800	800	960	80	5000
	1000	1000	1200	100	5000
	1200	1200	1420	110	5000
	1400	1400	1620	110	5000
ТБП	1600	1600	1840	120	5000
	1000	1000	1200	100	5000
	1200	1200	1420	110	5000
	1400	1400	1620	110	5000
ТСП	1600	1600	1840	120	5000
	1000	1000	1200	100	5000
	1200	1200	1420	110	5000
	1400	1400	1620	110	5000

Продолжение табл. 2.18

Тип трубы	Диаметр трубопровода, мм			Толщина стенки, мм	Длина трубы, мм
	условный	внутренний	наружный		
ТС	400	400	500	50	2500; 5000
	500	500	620	60	2500; 5000
	600	600	720	60	2500; 5000
	800	800	960	80	3500; 5000
	1000	1000	1200	100	3500; 5000
	1200	1200	1420	110	3500; 5000
	1400	1400	1620	110	3500; 5000
	1600	1600	1840	120	3500; 5000
ТСП	1000	1000	1200	100	3500; 5000
	1200	1200	1420	110	3500; 5000
	1400	1400	1620	110	3500; 5000
	1600	1600	1840	120	3500; 5000
ТФП	1000	1000	1200	100	5000
	1200	1200	1420	110	5000
	1400	1400	1620	110	5000
	1600	1600	1840	120	5000
	2000	2000	2260	130	4500
	2400	2400	2700	150	3000

Для строительства подземных трубопроводов, по которым предусматривается транспортирование всех видов сточных вод самотеком, допущены бетонные безнапорные раструбные и фальцевые трубы с внутренним диаметром 100-1000 мм и длиной 1,0-2,0 м следующих типов: ТБ – раструбные цилиндрические со стыковыми соединениями, уплотняемыми герметиками или другими материалами; ТБС – раструбные цилиндрические со ступенчатой стыковой поверхностью втулочного конца трубы, стыковые соединения которых уплотняют резиновыми кольцами; ТБПС – то же, с подошвой; ТБФ – фальцевые цилиндрические со стыковыми соединениями, уплотняемыми герметиками или другими материалами; ТБПФ – то же, с подошвой.

Металлические трубы применяются в напорных (стальные трубы) и самотечных (чугунные водопроводные трубы) канализационных сетях при прокладке в труднодоступных пунктах строительства, в вечномёрзлых, просадочных грунтах, на подрабатываемых территориях, в местах переходов через водные преграды, под железными и автомобильными дорогами, в местах пересечения с сетями хозяйственно-питьевого водопровода, при прокладке трубопроводов по опорам эстакад, в местах, где возможны механические повреждения труб.

Чугунные напорные трубы применяются:

- раструбные, диаметром 50-1000 мм и длиной 2000-5000 мм, на рабочее давление до 1,0 МПа и до 1,6 МПа;
- с соединениями на резиновых уплотнителях (4Н-РУ) диаметром 400-600 мм;

- с раструбно-винтовыми и раструбно-стыковыми соединениями с резиновыми уплотнениями диаметром до 300 мм.

Стальные трубы изготовляют длиной до 24 м. Применяют трубы:

- электросварные диаметром 426-1420 мм;
- электросварные диаметром 400-700 мм со спиральным швом;
- бесшовные горяче- и холоднокатаные диаметром до 800 мм, водогазопроводные бесшовные и сварные диаметром до 150 мм.

Материал и типы коллекторов. В общесплавных, отдельных, комбинированных и производственных системах канализации длительное время успешно эксплуатируются коллекторы и каналы больших сечений, построенные из кирпича в конце XIX и начале XX столетия. Кирпичные коллекторы диаметром 600-1800 мм изготовлялись круглого сечения с обычным или уширенным стулом (боковой частью коллектора), а при больших размерах – полуэллиптического (шатрового) сечения. Кирпичные коллекторы долговечны и хорошо сопротивляются агрессивному действию грунтовых и сточных вод, однако их конструкция массивна, они неиндустриальны и дороги. По этой причине, а также из-за невозможности механизации работ строительство их прекращено.

С переходом на индустриальные методы сборного строительства коллекторов из крупноразмерных сборных железобетонных элементов заводского изготовления (блоков, труб, колец и тубингов) коллекторам придают форму круглого и прямоугольного сечения.

Прямоугольные коллекторы применяют для строительства бытовой и дождевой канализации, а также для прокладки подземных коммуникаций. Для строительства одно- и двухсекционных коллекторов поперечного сечения 2,0×2,0-3,0×4,0 м применяют четыре элемента: наружные стеновые блоки длиной 1,8 м, плиты перекрытия шириной до 4,0 м, плиты днища шириной до 2,6 м и средние стеновые блоки. Для устройства плавных поворотов применяют специальные блоки или трапецеидальные вставки.

Глубина заложения и укладка канализационных труб и коллекторов. Канализационные линии, как правило, принимаются подземной прокладки. Наземная и надземная прокладка трубопроводов допускается при пересечении оврагов, водотоков и водоемов, а также при укладке канализационных трубопроводов за пределами населенных пунктов.

Минимальная глубина заложения канализационных трубопроводов должна приниматься на основании опыта эксплуатации в данном районе, а при отсутствии данных по эксплуатации принимается равной: для труб диаметром до 500 мм на 0,3 м, а для труб большего диаметра – на 0,5 м меньше глубины промерзания грунтов, но не менее 0,7 м, считая по верху трубы.

Минимальная глубина заложения коллекторов, прокладываемых щитовой проходкой, принимается не менее 3,0 м.

Максимальная глубина заложения труб, а также коллекторов, прокладываемых щитовой проходкой или горным способом, определяется в зависи-

мости от материала труб, грунтовых условий, метода производства работ.

Тип основания под трубы принимается в зависимости от несущей способности грунтов и величины нагрузок. Во всех грунтах, за исключением скальных, плавунных, болотистых и просадочных I типа, трубы следует укладывать на выровненный и утрамбованный грунт. Для скальных грунтов следует предусматривать укладку труб на подушку толщиной не менее 10 см из местного песчаного или гравелистого грунта. В илах, заторфованных и других слабых водонасыщенных грунтах трубы необходимо укладывать на искусственное основание.

Уклон напорных трубопроводов принимается не менее 0,001 по направлению к выпуску. Уклон безнапорных трубопроводов принимается не менее 0,008 при диаметре труб 150 мм и не менее 0,007 – при 200 мм.

Расстояния по горизонтали, м, от ближайших подземных инженерных сетей до зданий и сооружений принимаются не менее указанных в табл. 2.19, а между соседними подземными инженерными сетями при их параллельном размещении – не менее указанных в табл. 2.20. При параллельной прокладке двух коллекторов расстояние между ними принимается равным пяти диаметрам наибольшего из коллекторов, но не менее 10 м.

Таблица 2.19

Расстояния по горизонтали до зданий и сооружений

Расстояние по горизонтали (в свету) от подземных сетей до	Расстояние, м, для канализации	
	самотечной	напорной
Фундаментов зданий и сооружений	3,0	5,0
Фундаментов ограждения опор галерей, эстакад трубопроводов, контактной сети и связи	1,5	3,0
Оси пути железных дорог колеи 1520 мм, но не менее глубины траншеи до подошвы насыпи и выемки	4,0	4,0
Оси трамвайных путей	2,75	2,75
Автодороги:		
– бортового камня кромки проезжей части, укрепленной полосы обочины	1,5	2,0
– наружной бровки кювета или подошвы насыпи	1,0	1,0
Фундаментов опор воздушных линий электропередачи	1,0-3,0	1,0-3,0

Таблица 2.20

Расстояния по горизонтали между канализацией и инженерными сетями

Инженерные сети	Расстояние по горизонтали (в свету), м
Водопровод	см. * к табл. 1.54
Канализация	0,4
Водостоки	0,4
Стальные газопроводы горючих газов	1,0-2,0
Кабели связи и силовые всех напряжений	0,5
Тепловые сети	1,0
Каналы, тоннели	1,0

§45. Сооружения на канализационной сети

Смотровые колодцы. Смотровым колодцем или камерой называют шахту, расположенную над канализационной трубой или коллектором, внутри которой труба или коллектор заменены открытым лотком. Смотровые колодцы на канализационных сетях предусматриваются в местах присоединения; в местах изменения направления, уклонов и диаметров трубопроводов; на прямых участках на расстояниях, удобных для эксплуатации.

В зависимости от назначения смотровые колодцы делятся на линейные, поворотные, узловые и контрольные. Кроме того, применяются промывные, перепадные и специальные колодцы.

Линейные смотровые колодцы устраивают на прямолинейных участках сетей всех систем на расстояниях, м, зависящих от диаметра труб: при диаметре труб 150 мм – 35 м; при диаметре труб 200-450 мм – 50 м; при диаметре труб 500-600 мм – 75 м; при диаметре труб 700-900 мм – 100 м; при диаметре труб 1000-1400 мм – 150 м; при диаметре труб 1500-2000 мм – 200 м; при диаметре труб свыше 2000 мм – 250-300 м.

На коллекторах, прокладываемых щитовой проходкой или горным способом, предусматривается устройство смотровых шахтных стволов или скважин на расстоянии не более 500 м.

Смотровые колодцы унифицированы и подразделяются на малые – для труб диаметром до 600 мм и большие – для труб диаметром более 600 мм, круглые и прямоугольные.

Поворотные колодцы предусматривают во всех точках изменения направления линии в плане (на поворотах). Поворотный колодец отличается от линейного формой лотка, который имеет криволинейное очертание в виде плавной кривой с минимальным радиусом искривления, равным 2-3 диаметрам труб. Угол поворота не должен быть более 90°. Поворот лотка начинают на расстоянии половины диаметра трубы от стенок колодца.

Узловые колодцы устраивают в местах соединения двух-трех канализационных линий. Они имеют узел лотков, соединяющих не более трех подводящих труб и одной отводящей. Узловые колодцы на крупных коллекторах называют соединительными камерами.

Контрольные колодцы выполняют в местах присоединения дворовой, внутриквартальной или заводской сети к уличной и располагают за пределами красной линии застройки со стороны зданий. Эти колодцы служат для контроля за работой канализационной сети присоединяемых объектов.

Промывные колодцы устраивают для промывки сети в начальных участках канализационной сети там, где из-за недостаточных скоростей возможно выпадение осадков.

Перепадные колодцы устраиваются для уменьшения глубины заложения трубопроводов, во избежание превышения максимально допустимой скорости движения сточной воды или резкого изменения этой скорости, при

пересечении с подземными сооружениями и при затопленных выпусках в последнем перед водоемом колодце. На трубопроводах диаметром до 600 мм перепады высотой до 0,5 м допускается осуществлять без устройства перепадного колодца – путем слива в смотровом колодце.

Специальные колодцы с увеличенными размерами горловины и рабочей части колодцев устраивают на поворотах, а также на прямых участках трубопроводов диаметром более 600 мм через 300-500 м. Они предназначены для спуска приспособлений для прочистки сети.

Дюкеры, переходы и пересечения с трубопроводами. В местах пересечения канализационной сети с реками, оврагами, судоходными и водосточными каналами, железными дорогами, автострадами устраивают дюкеры, переходы и эстакады.

Дюкеры, устраиваемые на канализационных сетях, по конструкции аналогичны дюкерам, устраиваемым на водопроводных сетях. Средний участок трубопровода укладывают с небольшим уклоном, а боковые наклонные участки (нисходящий и восходящий) – с углом наклона восходящей части дюкерных труб не более 20° к горизонту. Прокладывают не менее двух рабочих линий дюкеров из стальных труб диаметром не менее 150 мм с усиленной антикоррозионной изоляцией, защищенной от механических повреждений, и только через овраги и суходолы – одну линию.

Переходы под железными и автомобильными дорогами проектируют аналогично переходам, устраиваемым на водопроводных сетях.

Эстакады устраивают при пересечении самотечных коллекторов с оврагами. Эстакада по конструкции более проста, чем дюкер и может одновременно использоваться как пешеходный мост. Эстакада представляет собой мост на железобетонных опорах или на сваях, по которому проложен самотечный трубопровод из длинномерных металлических, железобетонных или асбестоцементных труб в утепленном коробе – футляре. Трубы укладывают в коробе на подкладках; их утепляют шлаком, минеральной шерстью, пористым бетоном, пенобетоном.

При укладке коллекторов по эстакадам диаметры труб, наполнение и скорости течения в них принимают такими же, как и у прилегающего участка коллектора. Трубам придают требуемый уклон.

На трубопроводе вместо колодцев устанавливают ревизии для прочистки труб, а перед эстакадой – аварийный выпуск с согласия органов санитарно-эпидемиологической службы. Расстояние между ревизиями аналогично расстановке линейных смотровых колодцев. К выбору трассы эстакады предъявляются такие же требования, как и к выбору трассы дюкеров.

Дождеприемники. Дождевые воды, стекающие по поверхности земли, поступают в закрытую водосточную сеть колодцы, называемые дождеприемниками. Устройство дождеприемников предусматривается: на затяжных участках спусков (подъемов); на перекрестках и пешеходных переходах со стороны притока поверхностных вод; в пониженных местах в конце за-

тяжных участков спусков; в пониженных местах при пилообразном профиле лотков улиц; в местах улиц, дворовых и парковых территорий, не имеющих стока поверхностных вод.

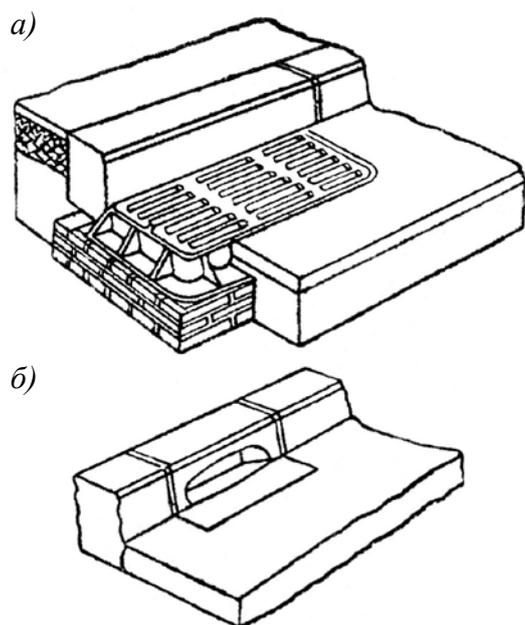


Рис. 2.4. Дождеприемные решетки

В пониженных местах наряду с дождеприемниками, имеющими горизонтальное перекрытое решеткой отверстие в плоскости проезжей части (рис. 2.4, а), допускается также применение дождеприемников с вертикальным в плоскости бордюрного камня отверстием (рис. 2.4, б) и комбинированного типа с отверстием как горизонтальным, так и вертикальным. На участках с затяжным продольным уклоном следует применять дождеприемники с горизонтальным отверстием.

Расстояния между дождеприемными решетками на участке улиц с продольным уклоном одного направления устанавливаются расчетом исходя из условия, что ширина потока в лотке перед решеткой не превышает 2,0 м. Практикой эксплуата-

ции городских дождевых сетей установлены следующие расстояния между дождеприемниками в зависимости от уклона улиц: при уклоне улиц до 0,004 – 50 м; при уклоне улиц от 0,004 до 0,006 – 60 м; при уклоне улиц от 0,006 до 0,01 – 70 м; при уклоне улиц более 0,01 – 80 м.

При полураздельной системе канализации предусматриваются дождеприемники с приямок глубиной 0,5-0,7 м для осадка и гидравлическим затвором высотой не менее 0,1 м, а при раздельной системе канализации – с плавным очертанием дна без приямка для осадка.

Выпуски, ливнеотводы и ливнеспуски устраиваются в местах сброса сточных вод в овраг или реку. Конструкция водосливных устройств определяется в зависимости от местных условий.

Выпуски в водные объекты размещают в местах с повышенной турбулентностью потока (сужениях, протоках, порогах и пр.). В зависимости от условий сброса очищенных сточных вод в водотоки следует принимать береговые, русловые или рассеивающие выпуски. При сбросе очищенных сточных вод в моря и водохранилища предусматривают, как правило, глубоководные выпуски.

Ливнеотводы устраивают при неукрепленных берегах в виде выпусков с оголовками в форме стенки с открылками, а при наличии набережных – в виде отверстия в подпорной стенке.

Ливнеспуски принимаются в виде камеры с водосливным устройством, рассчитанным на сбрасываемый в водный объект расход воды.

Глава XI

ПЕРЕКАЧКА СТОЧНЫХ ВОД

§46. Главные и районные насосные станции

В системах канализации нередко приходится прибегать к подъему (перекачке) сточных вод. Для подачи сточных вод на очистные сооружения служат главные насосные станции; для подъема сточных вод из заглубленного коллектора и транспортирования их в верхний коллектор канализуемой территории предназначены районные насосные станции.

Иногда возникает необходимость устройства насосных станций для перекачки дождевых вод, если отметки уровня воды в водоеме, в который должны быть отведены эти воды, выше отметок канализуемой территории и поэтому возможность удаления дождевой воды самотеком исключается.

В некоторых случаях станции перекачки строят для уменьшения глубины заложения коллектора и, следовательно, уменьшения его строительной стоимости. Такое решение может дать значительную экономию, в особенности в водоносных грунтах или в пльвунах, где прокладка труб на большой глубине связана со значительными затруднениями и расходами.

Место расположения насосных станций определяется при решении схемы канализации на основе технико-экономических расчетов с учетом как строительных, так и эксплуатационных расходов.

По санитарным правилам насосные станции для перекачки бытовых и поверхностных сточных вод следует располагать в отдельно стоящих зданиях. Насосные станции для перекачки производственных сточных вод допускается располагать в блоке с производственными зданиями или в производственных помещениях.

Как правило, насосные станции для перекачки сточных вод устраивают в самой пониженной части канализуемой территории с учетом санитарных, планировочных и гидрогеологических условий местности, наличия источников питания станции электроэнергией и возможности устройства аварийного выпуска. Перед насосной станцией все канализационные линии, подводимые к ней, объединяются одним общим коллектором, по которому сточные воды подводятся в отделение решеток приемного резервуара, вместимость которого принимается не менее 5-минутной максимальной производительности одного из насосов.

По гидрогеологическим условиям место расположения насосной станции должно быть наиболее благоприятным для производства строительных работ (низкий уровень грунтовых вод, плотные грунты и т.п.).

В условиях высокого стояния грунтовых вод и слабых грунтов (насыщенных водой – пльвунов) целесообразно строить станции шахтного типа опускным способом. При этом способе работ наиболее удобно здание круглой формы в плане. Для глубоких станций, даже при хороших грунтах, такая

форма оказывается выгодной и по конструктивным соображениям. В настоящее время почти для всех станций, имеющих суточную подачу примерно до 100-160 тыс. м³/сутки, принимают круглую форму в плане. Диаметр шахты при этом может достигать 24 м.

Станции шахтного типа обычно устраивают с насосами под заливом, т.е. размещают ось насоса ниже горизонта воды в резервуаре. В случае расположения корпуса насоса выше расчетного уровня сточных вод в резервуаре следует предусматривать мероприятия для обеспечения запуска насоса.

Очистные сооружения часто находятся на значительном расстоянии от города или поселка. В этих случаях необходимо разрабатывать варианты расположения главной насосной станции вблизи населенного пункта или в комплексе с очистными сооружениями. При выборе варианта существенное значение имеют не только рельеф местности и гидрогеологические условия, но и очередность капитальных вложений и эксплуатационные условия. Целесообразно насосные станции располагать вблизи очистных сооружений для удобства совместного их обслуживания.

При строительстве насосных станций следует учитывать очередность их развития. Так, например, часто бывает целесообразно оборудовать главную насосную станцию не сразу на полную подачу, а только на часть ее – с необходимым оборудованием и прокладкой до очистных сооружений одной нитки напорного канализационного водовода, рассчитанного на пропуск сточных вод только первой очереди канализации.

В состав насосных станций входят: приемный резервуар с решеткой; машинное отделение с насосными агрегатами; производственно-вспомогательные и бытовые помещения. В случае совмещения в одном здании приемный резервуар и решетки должны быть отделены от машинного отделения глухой водонепроницаемой перегородкой. Сообщение через дверь между машинным отделением и помещением решеток допускается только в незаглубленной части здания при обеспечении мероприятий, исключающих перелив сточных вод из помещений решеток в машинное отделение при подтоплении сети.

Технологическое оборудование машинных отделений состоит из насосов для перекачки сточных вод, вакуум-насосов (на станциях с незаливными насосами), задвижек на трубопроводах, насосов, эжекторов или других устройств для удаления жидкости с пола машинного отделения, подъемно-транспортных устройств и механизмов, а также контрольно-измерительной аппаратуры (указатели уровня воды в резервуаре, расходомеры, манометры и вакуумметры к насосам, вольтметры и амперметры к электродвигателям). Перед установленными манометрами должны быть помещены мембраны.

Насосные станции могут быть автоматические, полуавтоматические – с собственным или центральным диспетчерским пунктом и реже с ручным управлением. Насосные станции, как правило, должны проектироваться для работы без постоянного обслуживающего персонала, При этом рекоменду-

ются следующие виды управления:

- автоматическое управление насосными агрегатами в зависимости от уровня сточной жидкости в приемном резервуаре;
- дистанционное или телемеханическое управление из диспетчерского пункта;
- местное управление периодически приходящим персоналом с передачей необходимых сигналов на диспетчерский пункт.

На насосных станциях рекомендуется контролировать следующие технологические параметры: расход перекачиваемой жидкости; уровни в приемном резервуаре; уровни в дренажной приемке; давление в напорных трубопроводах; давление, развиваемое каждым насосным агрегатом; температуру подшипников. Кроме того, следует предусматривать местную аварийно-предупредительную сигнализацию. При отсутствии обслуживающего персонала предусматривается дополнительная сигнализация на диспетчерский пункт или на пункт с круглосуточным дежурством.

§47. Перекачка малых объемов сточных вод. Перекачка дождевых вод

Для передачи небольшого объема бытовых или близких к ним по составу производственных сточных вод, например от отдельных объектов при большом заглублении выпусков, а также от микрорайонов при плоском рельефе местности, применяют типовые автоматические станции перекачки с глубиной заложения подводящего коллектора 3,0-7,0 м. Для монтажа и демонтажа оборудования предусматривается монорельс с талью грузоподъемностью 0,5 т. На станции перекачки предусматривается ввод хозяйственно-питьевого водопровода, центральное водяное или электрическое отопление, приточно-вытяжная с механическим побуждением вентиляция. Электроэнергия подается по двум питающим линиям 380/220 В.

Вследствие большой стоимости устройства насосных станций для перекачки дождевых вод, работа которых может потребоваться в течение нескольких дней в году, к перекачке дождевых вод прибегают очень редко, например, в тех случаях, когда какая-либо часть канализуемой территории обвалована для предотвращения ее затопления водами открытого водоема или если канализуемая территория расположена ниже горизонта воды в водоеме.

Конструкция станций перекачки дождевых вод мало отличается от канализационных насосных станций. Сборный резервуар при насосной станции в некоторых случаях может быть рассчитан с учетом емкости сети, так как при больших диаметрах дождевой сети и малых ее уклонах она может служить запасной регулирующей емкостью, в которой накапливаются излишки дождевых вод. Для того чтобы использовать насосы с меньшей подачей, следует по возможности использовать в качестве регулирующих емко-

стей овраги, пруды и другие водоемы.

§48. Состав сточных вод

По физическому состоянию загрязнения сточных вод делятся на:

- а) нерастворимые примеси, находящиеся в воде в виде крупных взвешенных частиц (частицы диаметром более десятых долей миллиметра) и в виде суспензии, эмульсии и пены (частицы диаметром от десятых долей миллиметра до 0,1 мкм);
- б) коллоидные частицы диаметром 0,1-0,001 мкм;
- в) растворимые частицы, находящиеся в воде в виде молекулярно-дисперсных частиц диаметром менее 0,001 мкм и не образующие отдельной фазы; система становится однофазной – истинным раствором.

По своей природе загрязнения делятся на минеральные, органические, бактериальные и биологические.

К минеральным загрязнениям относятся песок, глинистые частицы, частицы руды, шлака, растворы минеральных солей, кислот и щелочей, минеральные масла, железо, кальций, магний, кремний, калий и другие неорганические вещества.

Органические загрязнения бывают растительного и животного происхождения. К растительным относятся: остатки растений, овощей и злаков, бумага, растительные масла и пр. Основным химическим элементом этого рода загрязнений является углерод. К загрязнениям животного происхождения относятся физиологические выделения людей и животных, остатки мускульных и жировых тканей животных, клейкие вещества и пр. Они характеризуются довольно значительным содержанием азота. Кроме того, в сточных водах содержится фосфор, сера и водород.

Бактериальные и биологические загрязнения представляют собой различные микроорганизмы: дрожжевые и плесневые грибки, мелкие водоросли и бактерии, в том числе болезнетворные – возбудители брюшного тифа, паратифа, дизентерии и др. Этот вид загрязнений свойствен в основном бытовым водам и некоторым видам производственных сточных вод (сточным водам боен, кожевенных заводов и т.п.). По своему химическому составу они относятся к органическим загрязнениям, но выделяются в отдельную группу ввиду особого взаимодействия с загрязнениями других видов.

При рассмотрении состава сточных вод одним из основных понятий является концентрация загрязнений (т.е. масса загрязнений, приходящаяся на единицу объема воды), исчисляемая обычно в мг/л или в г/м³.

Концентрация загрязняющих веществ в бытовых сточных водах населения определяется по формуле

$$P_{\text{быт}} = \frac{\rho_{\text{жс}}}{1000 \cdot q_{\text{жс}}}, \text{ г/м}^3, \quad (2.14)$$

где $\rho_{\text{жс}}$ – количество загрязняющих воду веществ на одного жителя в бытовых сточных водах населения, г/сут. Принимается для канализованных районов по данным табл. 2.21, а для неканализованных районов – в размере 33% от значений, указанных в табл. 2.21;

$q_{\text{жс}}$ – удельное водоотведение, л/чел. Принимается для канализованных районов по данным табл. 1.2, а для неканализованных районов – 25 л/чел.

Загрязнения производственных сточных вод, представляющие собой остатки обрабатываемого сырья и реагентов, участвующих в технологическом процессе, чрезвычайно разнообразны, поэтому в каждом отдельном случае необходимо изучение их состава и свойств. Наиболее характерными и опасными загрязнениями являются экстрагируемые вещества (преимущественно нефтепродукты), фенолы, синтетические поверхностно-активные вещества, тяжелые металлы (ртуть, цинк, железо), органические вещества.

Таблица 2.21

Количество загрязняющих веществ в бытовых сточных водах

Показатель	Количество загрязняющих веществ на одного жителя, г/сут.
Взвешенные вещества	65
БПК _{полн} неосветленной жидкости	75
БПК _{полн} осветленной жидкости	40
Азот аммонийных солей N	8
Фосфаты P ₂ O ₅	3,3
– в том числе от моющих средств	1,6
Хлориды Cl	9
Поверхностно-активные вещества	2,5

Биохимическая потребность в кислороде (БПК) – количество кислорода, потребляемого аэробными бактериями на биохимическое окисление органических веществ, содержащихся в воде в растворенном виде и в виде неоседающих взвешенных и коллоидных частиц.

В современных городах сточные воды промышленных предприятий поступают в городскую канализационную сеть, поэтому в городах сточные воды обычно смешанные – смесь бытовых и производственных. Концентрация загрязнений, содержащихся в городских сточных водах, поступающих на очистные сооружения, в этом случае определяется по формуле

$$P_{\text{ст}} = \frac{P_{\text{быт}} \cdot Q_{\text{быт}} + \sum P_{\text{пр}} \cdot Q_{\text{пр}}}{Q_{\text{быт}} + \sum Q_{\text{пр}}}, \text{ г/м}^3, \quad (2.15)$$

где $P_{\text{быт}}$ – концентрация загрязняющих веществ в бытовых сточных водах населения, г/м³;

$Q_{\text{быт}}$ – расход бытовых сточных вод, м³/сут.;

$P_{\text{пр}}$ – концентрация загрязняющих веществ в производственных сточ-

ных водах отдельных предприятий, г/м³;

$Q_{пр}$ – расход производственных сточных вод отдельных предприятий, м³/сут.

При сбросе бытовых сточных вод промышленных предприятий в канализацию населенного пункта количество загрязняющих веществ от эксплуатационного персонала дополнительно не учитывается.

§49. Расчет необходимой степени очистки сточных вод

Сточные воды, спускаемые в водоем, должны быть очищены до такой степени, чтобы они не оказывали на него вредного влияния. Необходимая степень очистки сточных вод определяется применительно к общесанитарным и органолептическим показателям вредности и к каждому из нормативных показателей загрязнения. Для расчета необходимой степени очистки сточных вод необходимо знать основные химические показатели воды водоема (табл. 2.22), характеристику сточных вод и предельно допустимые концентрации вредных веществ в водоемах (табл. 2.23).

Таблица 2.22

Основные химические показатели воды водоема

Степень загрязнения	Растворенный кислород		БПК ₅	Окисляемость	Взвешенные вещества
	летом	зимой			
	г/м ³				
Очень чистая	9	13-14	0,5-1,0	1	1-3
Чистая	8	11-12	1,1-1,9	2	4-10
Умеренно загрязненная	6-7	9-10	2,0-2,9	3	11-19
Загрязненная	4-5	4-5	3,0-3,9	4	20-50
Грязная	2-3	0,5	4,0-10,0	5-15	51-100
Очень грязная	0	0	> 10,0	> 15	> 100

Таблица 2.23

Критерии оценки загрязненности воды

Показатели	Лимитирующий показатель вредности	Предельно-допустимая концентрация, г/м ³ , для водопользования			
		санитарно-бытового		рыбохозяйственного	
		Вид водоемов*			
		І	ІІ	І	ІІ
Растворенный кислород					
– зимний период	общесанитарный	≥ 4	≥ 4	≥ 6	≥ 4
– летний период	общесанитарный	≥ 4	≥ 4	≥ 6	≥ 6
БПК _{полн}	общесанитарный	≤ 3	≤ 6	≤ 3	≤ 3

* К водоемам хозяйственно-питьевого водопользования І вида относятся участки водоемов, используемые в качестве источника для централизованного и нецентрализованного питьевого водоснабжения, а также водоснабжения предприятий пищевой промышленности. К водоемам ІІ вида относятся участки водоемов, используемые для купания, спорта и отдыха населения, а также водоемы, находящиеся в пределах населенных пунктов.

К водоемам рыбохозяйственного водопользования I вида относятся водоемы, используемые для воспроизводства и сохранения ценных пород рыб. К водоемам II вида относятся водоемы, используемые для других рыбохозяйственных целей.

Расчет необходимой степени очистки сточных вод по взвешенным веществам. Степень необходимой очистки сточных вод по взвешенным веществам определяется по формуле

$$D = \frac{100 \cdot (c - m)}{c}, \%, \quad (2.16)$$

где c – количество взвешенных веществ в сточных водах до очистки, г/м³;

m – предельно допустимое содержание взвешенных веществ в спускаемых сточных водах,

$$m = P \cdot \left(\frac{a \cdot Q}{q} + 1 \right) + b, \text{ г/м}^3, \quad (2.17)$$

здесь P – допустимое санитарными нормами увеличение содержания взвешенных веществ в водоеме после спуска сточных вод, г/м³. Принимается равным для водоемов I вида $P = 0,25$ г/м³, для водоемов II вида – $P = 0,75$ г/м³;

a – коэффициент смешения,

$$a = \zeta \cdot \varphi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{q}}, \quad (2.18)$$

здесь ζ – коэффициент, учитывающий место расположения выпуска. Принимается равным при выпуске у берега $\zeta = 1,0$, при выпуске в фарватер реки – $\zeta = 1,5$ и при рассеивающем выпуске – $\zeta = 3,0$;

φ – коэффициент извилистости русла,

$$\varphi = \frac{L}{L_n}, \quad (2.19)$$

здесь L – длина русла реки от выпуска до расчетного створа, м;

L_n – расстояние от выпуска до расчетного створа по прямой, м;

E – коэффициент турбулентной диффузии,

$$E = \frac{v_{cp} \cdot H_{cp}}{200}, \quad (2.20)$$

здесь v_{cp} – средняя скорость течения воды в реке на участке между выпуском и расчетным створом, м/с;

H_{cp} – средняя глубина реки на участке между выпуском и расчетным створом, м;

- q – расход сточных вод, м³/с;
 Q – расход воды (при 95%-ной обеспеченности) в створе реки у места выпуска сточных вод, м³/с;
 b – содержание взвешенных веществ в воде водоема до спуска сточных вод, г/м³. Принимается по данным табл. 2.22.

Расчет необходимой степени очистки сточных вод по БПК_{полн}. При расчете учитывается изменение степени загрязненности за счет разбавления сточных вод водой водоема, а также за счет биохимических процессов самоочищения сточных вод от органических веществ. Степень необходимой очистки сточных вод по БПК_{полн} определяется по формуле

$$\mathcal{E} = \frac{100 \cdot (L_a - L_{cm})}{L_a}, \% \quad (2.21)$$

где L_a – БПК_{полн} сточных вод, поступающих на очистку, г/м³;

L_{cm} – допустимая величина БПК_{полн} сточных вод при выпуске в водоем,

$$L_{cm} = \frac{a \cdot Q}{q \cdot 10^{-k_{cm} \cdot t}} \cdot (L_{n.\delta} - L_p \cdot 10^{-k_p \cdot t}) + \frac{L_{n.\delta}}{10^{-k_{cm} \cdot t}}, \text{ г/м}^3, \quad (2.22)$$

здесь k_{cm} – константа скорости потребления кислорода сточной водой;

t – продолжительность перемещения воды от места выпуска сточных вод до расчетного створа,

$$t = \frac{L}{86400 \cdot v_{cp}}, \text{ сут.}; \quad (2.23)$$

$L_{n.\delta}$ – предельно допустимая БПК_{полн} смеси речной и сточной воды в расчетном створе, г/м³. Принимается по данным табл. 2.23;

L_p – БПК_{полн} речной воды до места выпуска сточных вод, г/м³. Принимается по данным табл. 2.22;

k_p – константа скорости потребления кислорода речной водой. Принимается равной $k_p = 0,08-0,25$ (в среднем $k_p = 0,1$).

Расчет необходимой степени очистки сточных вод по растворенному в воде водоема кислороду. Степень необходимой очистки сточных вод по растворенному в воде водоема кислороду определяется по формуле (2.21), где L_{cm} – допустимая БПК сточных вод, сбрасываемых в водоем, определяемая по формуле

$$L = \frac{a \cdot Q}{0,4 \cdot q} \cdot (O_p - 0,4 \cdot L_p - O_{\min}) - \frac{O_{\min}}{0,4}, \text{ г/м}^3, \quad (2.24)$$

здесь O_p – содержание растворенного кислорода в речной воде до места спуска сточных вод, г/м³. Принимается по данным табл. 2.22;

O_{\min} – минимальное содержание кислорода в воде, г/м³. Прини-

мается по данным табл. 2.23.

Расчет необходимой степени очистки сточных вод по температуре воды водоема. Расчет производится в соответствии с санитарными требованиями, ограничивающими повышение летней температуры воды за счет поступающих в водоем сточных вод. Разность температур, на которую необходимо охладить сточные воды перед сбросом определяется по формуле

$$\Delta T = T_p - T_{cm}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2.25)$$

где T_p – максимальная температура речной воды до места выпуска сточных вод, $^\circ\text{C}$;

T_{cm} – температура сточных вод, при которой соблюдается санитарное требование относительно температуры воды в расчетном створе,

$$T_{cm} = \left(\frac{a \cdot Q}{q} + 1 \right) \cdot T_\delta + T_p, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2.26)$$

здесь T_δ – допустимое повышение температуры воды водоема, $^\circ\text{C}$.
Принимается равным $T_\delta = 3^\circ\text{C}$.

§50. Методы очистки сточных вод

Методы, применяемые для очистки сточных вод, могут быть разделены на три группы:

1. механические;
2. физико-химические;
3. биологические.

Для ликвидации бактериального загрязнения сточных вод применяют их обеззараживание (дезинфекцию).

Техника очистки сточных вод развивается в направлении интенсификации приемов биологической очистки, создании высокоэффективных методов физико-химической очистки, разработки технологических процессов, сочетающих принципы биологической и физико-химической очистки с одновременным изысканием путей повторного использования очищенных городских сточных вод в промышленности.

Механическая очистка производится для выделения из сточной воды находящихся в ней нерастворенных грубодисперсных примесей путем процеживания, отстаивания и фильтрования.

Для задержания крупных загрязнений и частично взвешенных веществ применяют процеживание воды через различного рода решетки и сита. Для выделения из сточной воды взвешенных веществ, частицы которых имеют большую или меньшую плотность, чем плотность воды, применяют отстаивание. При этом тяжелые частицы осаждаются на дно под действием силы тяжести, а легкие всплывают на поверхность.

Взвешенные частицы минерального происхождения, главным образом песка, выделяют из сточных вод путем осаждения в сооружениях, называе-

мых песколовками.

Основную массу более мелкой взвеси, преимущественно органического характера, выделяют из сточных вод в отстойниках.

Вещества, более легкие, чем вода, – жиры, масла, нефть, смолы и другие всплывающие на поверхность вещества – выделяются в сооружениях, называемых жироловушками, маслоуловителями, нефтеловушками и смолуловителями; эти сооружения применяются для очистки производственных сточных вод.

Наконец, для освобождения сточных вод от частиц очень мелкой суспензии, находящейся во взвешенном состоянии, применяют фильтрование сточных вод путем пропуска их через ткань (сетку) или слой зернистого материала, на поверхности и в толще которого задерживается выделяемая из сточных вод взвесь. Фильтрование находит применение при механической очистке главным образом производственных сточных вод.

Механическую очистку как самостоятельный метод применяют в тех случаях, когда достигаемое при ее применении освобождение сточных вод от загрязнений позволяет (по местным условиям и в соответствии с санитарными правилами) использовать осветленную воду для тех или иных производственных целей или спускать эти воды в водоем. Во всех других случаях механическая очистка служит предварительной стадией перед биологической очисткой.

Физико-химические методы очистки заключаются в том, что в очищаемую воду вводят какое-либо вещество – реагент (коагулянт и флокулянт). Вступая в химическую реакцию с находящимися в воде примесями, эти вещества способствуют более полному выделению нерастворенных примесей, коллоидов и части растворенных соединений и тем самым уменьшают их концентрацию в сточной воде; переводят растворимые соединения в нерастворимые или в растворимые, но безвредные; изменяют реакцию сточных вод, в частности нейтрализуют их; обесцвечивают окрашенную воду и пр. Освоение такой очистки по стадиям позволяет резко интенсифицировать механическую очистку сточных вод или заменить биологическую очистку.

Физико-химические методы чаще всего применяют при очистке производственных сточных вод. При этом в зависимости от местных условий, тот или иной метод может явиться окончательной стадией (если достигаемая степень очистки достаточна для использования сточных вод повторно) либо предварительной стадией (например, при удалении ядовитых соединений или каких-либо других веществ, препятствующих нормальной работе последующих очистных сооружений).

Биологические методы очистки основаны на жизнедеятельности микроорганизмов, которые способствуют окислению или восстановлению органических веществ, находящихся в сточных водах в виде тонких суспензий, коллоидов и в растворе и являющихся для микроорганизмов источником питания, в результате чего и происходит очистка сточных вод от органиче-

ских загрязнений.

Существующие в настоящее время сооружения для биологической очистки сточных вод могут быть разделены на два основных типа:

1. сооружения, в которых очистка происходит в условиях, близких к естественным;
2. сооружения, в которых очистка происходит в искусственно созданных условиях.

Сооружения для биологической очистки в естественных условиях, в свою очередь, могут быть разделены на сооружения, в которых происходит фильтрование очищаемых сточных вод через почву (поля орошения и поля фильтрации), и на сооружения, представляющие собой водоемы (биопруды), заполненные протекающей очищаемой сточной водой. В сооружениях первого типа питание кислородом идет за счет непосредственного поглощения его микроорганизмами из воздуха. В сооружениях второго типа питание кислородом идет главным образом за счет диффундирования его через поверхность воды (реаэрация) или за счет механической аэрации. Климатические условия и большая занимаемая площадь ограничивают развитие естественных приемов биологической очистки сточных вод (биопруды, поля орошения, поля фильтрации).

Для биологической очистки сточных вод в искусственных условиях применяют аэротенки, биофильтры и аэрофильтры. В этих сооружениях очистка протекает более интенсивно, чем на полях орошения, полях фильтрации и прудах, так как искусственным путем создаются лучшие условия для развития активной жизнедеятельности микроорганизмов.

При повышенных требованиях к степени очистки биологически очищенная вода подвергается **доочистке**. Наиболее широкое распространение в качестве сооружений для доочистки получили песчаные фильтры, главным образом двух- и многослойные, а также контактные осветлители; микрофильтры применяются реже. Снижение концентрации трудноокисляемых веществ, фиксируемое значением ХПК очищенных вод, возможно методом сорбции, например активированным углем, и химическим окислением, например путем озонирования. Снижение концентрации солей возможно методами обессоливания, применяемыми в практике водоподготовки.

Очистка от биогенных элементов. Биологически очищенная вода содержит аммонийный азот и фосфор в значительной концентрации. Азот и фосфор способствуют усиленному развитию водной растительности, последующее непереносимое отмирание которой приводит к вторичному загрязнению водоема. Подсчитано, что 1 мг азота продуцирует 10 мг водной растительности, а 1 мг фосфора – 115 мг.

Азот удаляют физико-химическим и биологическим методами. Первый метод заключается в повышении рН воды до 10-11 путем известкования (в результате получения NH_4OH) с последующей отдувкой аммиака воздухом в градирнях.

Биологический метод осуществляется в две ступени. На первой ступени в аэротенке длительной аэрации при отсутствии углеродсодержащих загрязнений (удаленных в обычной аэротенке) интенсивно проходят процессы нитрификации. На второй ступени применяется денитрификатор-сооружение, изолированное от доступа воздуха. В анаэробных условиях бактерии-денитрификаторы используют для своей жизнедеятельности химически связанный кислород нитритов и нитратов и разрушают, таким образом, эти соединения, в результате чего выделяется молекулярный азот.

Фосфор удаляют химическим осаждением солями железа, алюминия, известью. Реагенты подают либо в сточную воду перед первичными отстойниками, либо в очищенный сток перед вторичными отстойниками, либо и аэротенк. Наиболее эффективным является последний вариант (эффект удаления фосфора достигает 80%).

Дезинфекция очищенных сточных вод. В практике очистки сточных вод дезинфекцию осуществляют теми же приемами и средствами, что и при очистке природных вод. Наиболее часто применяют хлорирование газообразным хлором, а на станциях пропускной способностью до 1000 м³/сутки используют и хлорную известь. При соответствующем технико-экономическом обосновании допускается обеззараживание биологически очищенных вод гипохлоритом натрия, а также путем электролиза раствора NaCl.

Методы обработки осадка. При очистке сточных вод любым из описанных выше методов образуется осадок вследствие выпадения нерастворенных веществ в первичных отстойниках. Кроме того, в результате биологической очистки образуется большое количество осадка, который выделяется во вторичных отстойниках. Осадок состоит из твердых веществ, сильно разбавленных водой. В сыром состоянии при очистке бытовых и некоторых производственных вод этот осадок имеет неприятный запах и является опасным в санитарном отношении, так как содержит огромное количество бактерий (в том числе могут быть и болезнетворные) и яиц гельминтов.

Для уменьшения количества органических веществ в осадке и придания ему лучших санитарных показателей осадок подвергают воздействию анаэробных микроорганизмов (сбраживанию) и аэробной стабилизации ила в соответствующих сооружениях. К анаэробным сооружениям относятся септики, двухъярусные отстойники, метантенки.

Первые два типа сооружений выполняют одновременно две задачи – выделение из сточных вод нерастворенных веществ путем отстаивания и сбраживание образующегося осадка. Метантенки предназначаются преимущественно для сбраживания осадка; реже они применяются для предварительной анаэробной очистки высококонцентрированных сточных вод.

Для уменьшения влажности осадка сточных вод и его объема служат иловые пруды (для небольших станций) и иловые площадки. Для обезвоживания осадка применяются различные механические приемы – вакуум-

фильтрация, фильтрпрессование, центрифугирование.

§51. Схемы очистных станций

Сооружения для очистки сточных вод располагают таким образом, что вода проходит их последовательно, одно за другим. В сооружениях для механической очистки сначала выделяются наиболее тяжелые и наиболее крупные взвеси, а затем основные массы нерастворенных загрязнений; в последующих сооружениях для биологической очистки удаляются оставшиеся тонкие суспензии и коллоидальные и растворенные органические загрязнения, после чего производится обеззараживание сточных вод (дезинфекция).

Сооружения для обработки осадка располагаются также в определенной последовательности. При наличии метантенков сырой осадок из первичных отстойников сначала направляется в них для сбраживания, а затем поступает для обезвоживания на иловые площадки или на установку для механического обезвоживания. Обезвоженный осадок используется в качестве удобрения. При применении двухъярусных отстойников осадок из них направляют непосредственно на иловые площадки для подсушивания. Осадок из вторичных отстойников используется для активизации процесса биологической очистки сточных вод (циркулирующий активный ил), излишек же его (избыточный активный ил) сначала уплотняют, а потом направляют на утилизационную установку или в метантенки; нередко избыточный ил направляется в первичные отстойники.

На рис. 2.5 показана схема механической очистки бытовых сточных вод со следующим расположением сооружений: решетки для задержания крупных веществ органического и минерального происхождения; песколовки для выделения тяжелых минеральных загрязнений (главным образом песка); отстойники для выделения осаждающихся веществ (главным образом органических); хлораторная установка с контактными резервуарами, в которых происходит контакт осветленной воды с хлором с целью уничтожения болезнетворных бактерий. После дезинфекции вода может быть спущена в водоем.

Осадок из отстойников направляется непосредственно на иловые площадки для подсушивания или сначала в метантенки для сбраживания; образующийся при этом газ используется для нужд очистной станции.

Сброженный осадок из метантенков направляется для обезвоживания на иловые площадки, или в иловые пруды (на небольших и средних станциях), или на вакуум-фильтры (на крупных станциях). Обезвоженный осадок складывается в штабеля, откуда вывозится на поля для удобрения, а дренажная вода присоединяется к общему потоку сточной воды и подвергается дезинфекции. В зависимости от местных условий и объема очищаемых вод вместо отстойников и метантенков могут применяться двухъярусные отстойники, в которых операции осветления воды и сбраживания осадка совмещены в одном сооружении.

Схема химической очистки сточных вод аналогична схеме для меха-



Рис. 2.5. Схема механической очистки сточных вод

нической очистки и отличается от нее только введением перед отстойником смесителя и реагентного хозяйства. Решетки и песколовки расположены в той же последовательности, что и на схеме на рис. 2.5. Из этих сооружений сточная вода поступает в смеситель, где к ней добавляется реагент для коагулирования. Из смесителя сточная вода направляется в отстойник для осветления. Сточная вода из отстойника выпускается в водоем, или сначала на фильтр для дополнительного осветления, а потом в водоем. Перед выпуском в водоем сточные воды могут быть подвергнуты дезинфекции. Сооружения для обработки осадка – такие же, как и при механической очистке сточных вод. Сбраживание осадка в метантенках производится при значительном (~50%) содержании в нем органических веществ.

На рис. 2.6-2.9 показаны схемы биологической очистки сточных вод.

По схеме, представленной на рис. 2.6, сточная вода, пройдя через решетки, поступает в песколовки и затем в отстойники для осветления и дегельминтизации, откуда она направляется на поля орошения или на поля фильтрации и затем в водоем. Применение отстойников для удаления нерас-

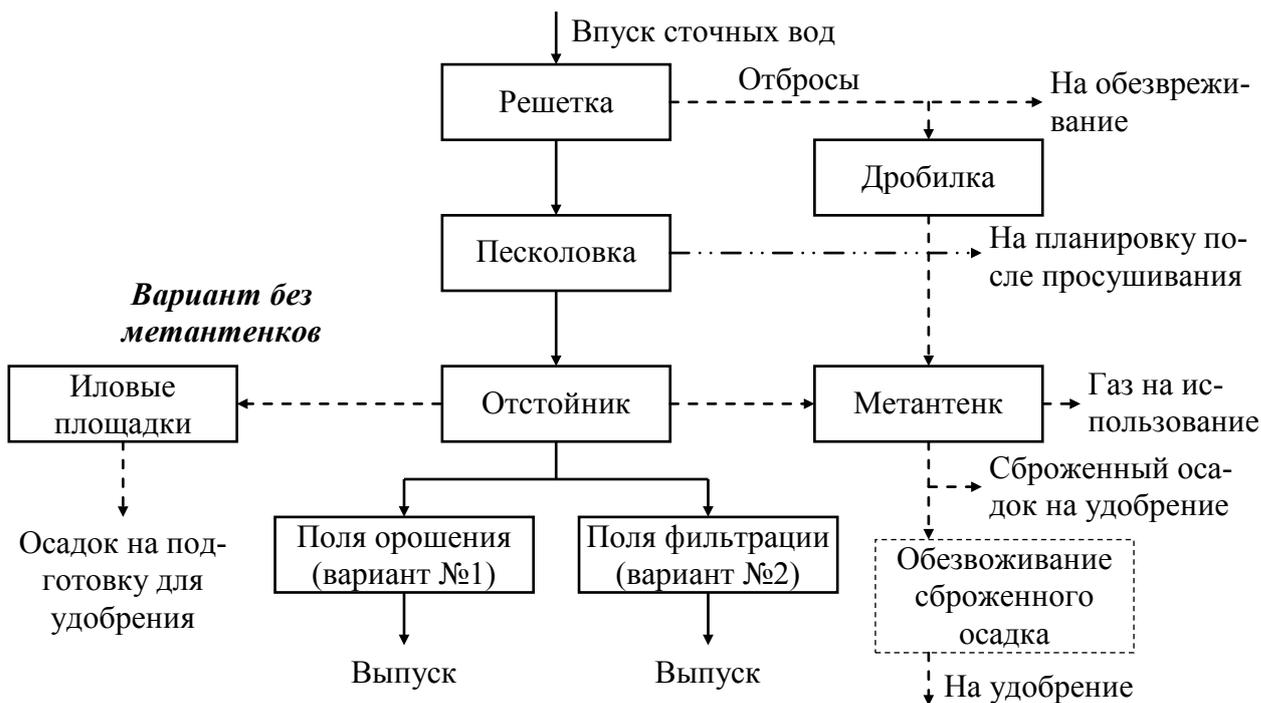


Рис. 2.6. Схема биологической очистки сточных вод на полях орошения или на полях фильтрации

творимых веществ позволяет увеличивать нагрузку на поля; кроме того, отстойники улучшают качество сточной воды с санитарно-гигиенической точки зрения. Осадок из отстойников обрабатывается так же, как и в описанных выше схемах.

По схеме, приведенной на рис. 2.7, сточная вода сначала проходит через сооружения механической очистки и предварительной аэрации (преаэраторы), далее она поступает на биофильтры, а затем во вторичные отстойники для выделения из очищенной воды веществ, выносимых из биофильтров. Очистка заканчивается дезинфекцией сточных вод перед спуском в водоем. Осадок обрабатывается по одному из ранее приведенных вариантов.

По схемам, показанным на рис. 2.8-2.9, предварительная очистка сточной воды производится на решетках, в песколовках, преаэраторах и отстойниках. Последующая ее очистка производится в аэротенках с пневматической или механической аэрацией, затем во вторичных отстойниках и заканчивается дезинфекцией, после чего вода спускается в водоем. Осадок из первичных отстойников обрабатывается в метантенках и далее обезвоживается на иловых площадках или в вакуум-фильтрах. Активный ил из вторичных отстойников перекачивается в аэротенки (циркуляционный активный ил), а остальная его часть (избыточный активный ил) передается в преаэраторы и илоуплотнители. После илоуплотнителей ил поступает на утилизационную установку или в метантенки, где обрабатывается вместе с осадком первичных отстойников.

В качестве варианта схемы биологической очистки сточных вод в аэротенках на рис. 2.8 показано удаление солей фосфора добавкой реагентов

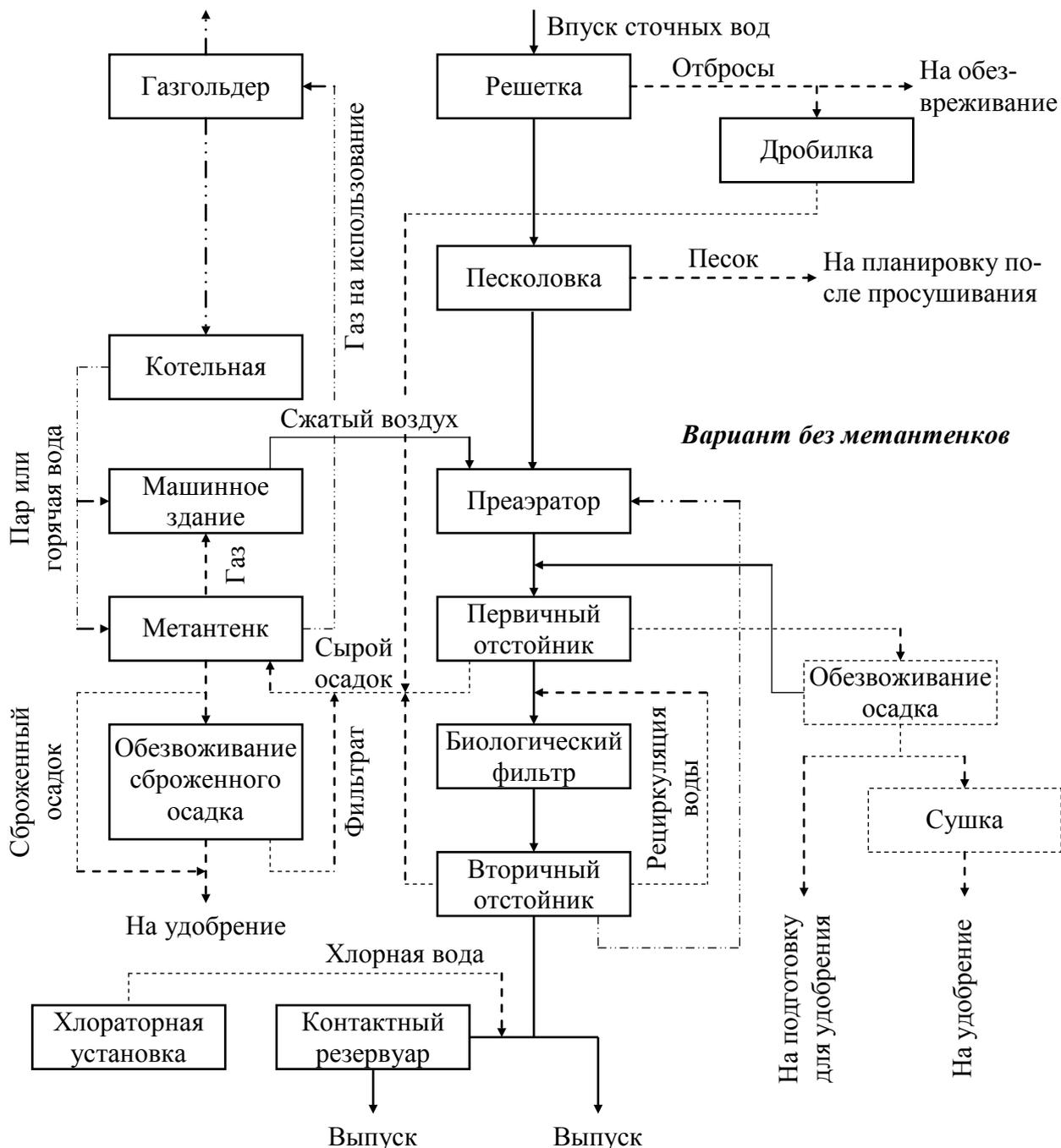


Рис. 2.7. Схема биологической очистки сточных вод на биофильтрах

и удаление солей азота в денитрификаторах и отстойниках-денитрификаторах.

Биологическая очистка сточных вод в зависимости от требований к спуску сточных вод в водоем может быть полная и неполная. Осадок может обрабатываться в анаэробных и в аэробных условиях (в минерализаторах) на станциях малой и средней пропускной способности.

Выбор типа сооружений для биологической очистки сточных вод зависит от целого ряда факторов. К основным из них относятся: требуемая степень очистки сточных вод, размер площади для очистных сооружений (наибольшая площадь требуется для устройства полей орошения, наимень-

шая – для аэротенков), характер грунтов, рельеф площадки и т.п.

При выборе схемы очистных сооружений необходимо учитывать эко-

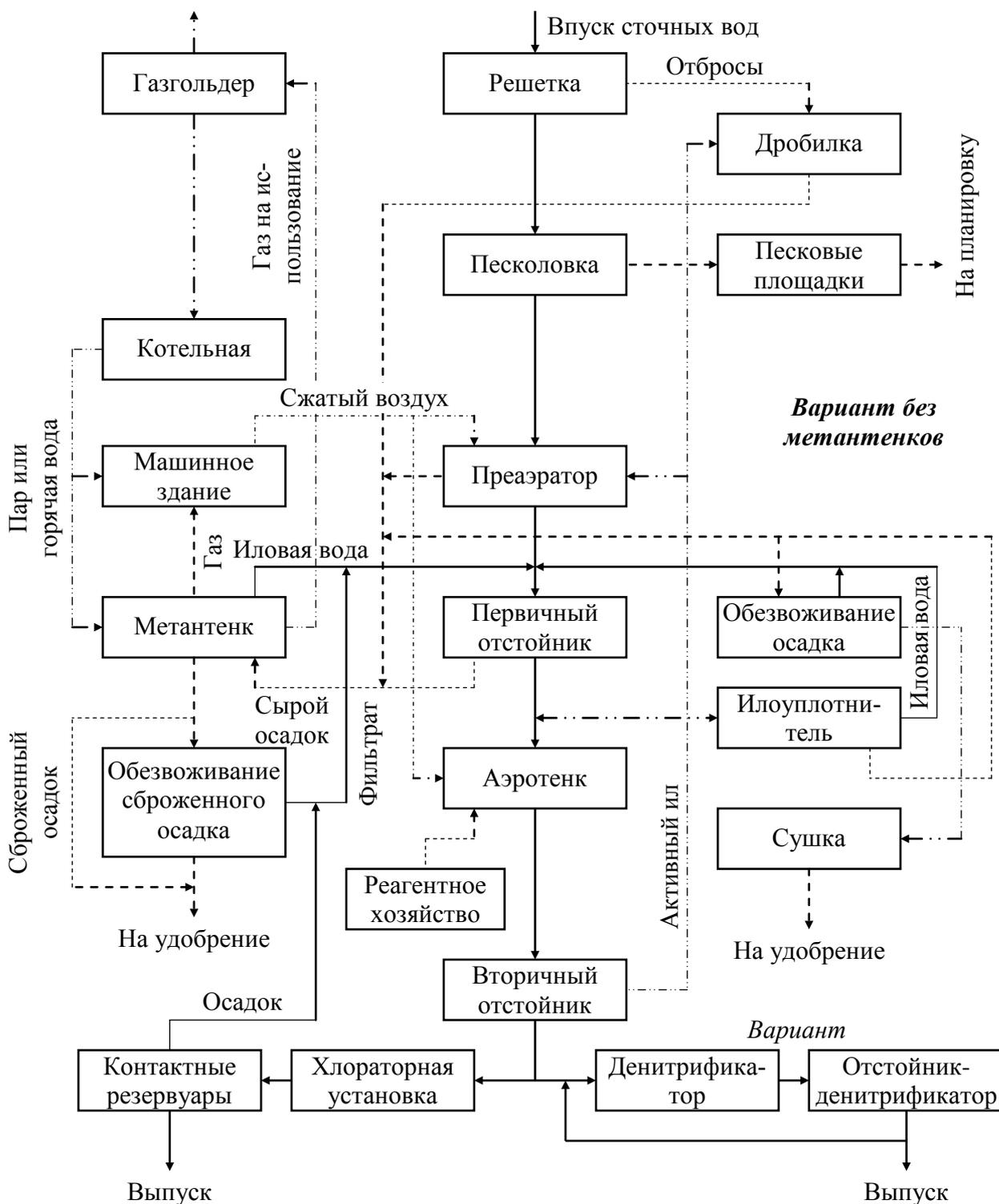


Рис. 2.8. Схема биологической очистки сточных вод в аэротенках с пневматической аэрацией

номические показатели – строительную и эксплуатационную стоимость сооружений.

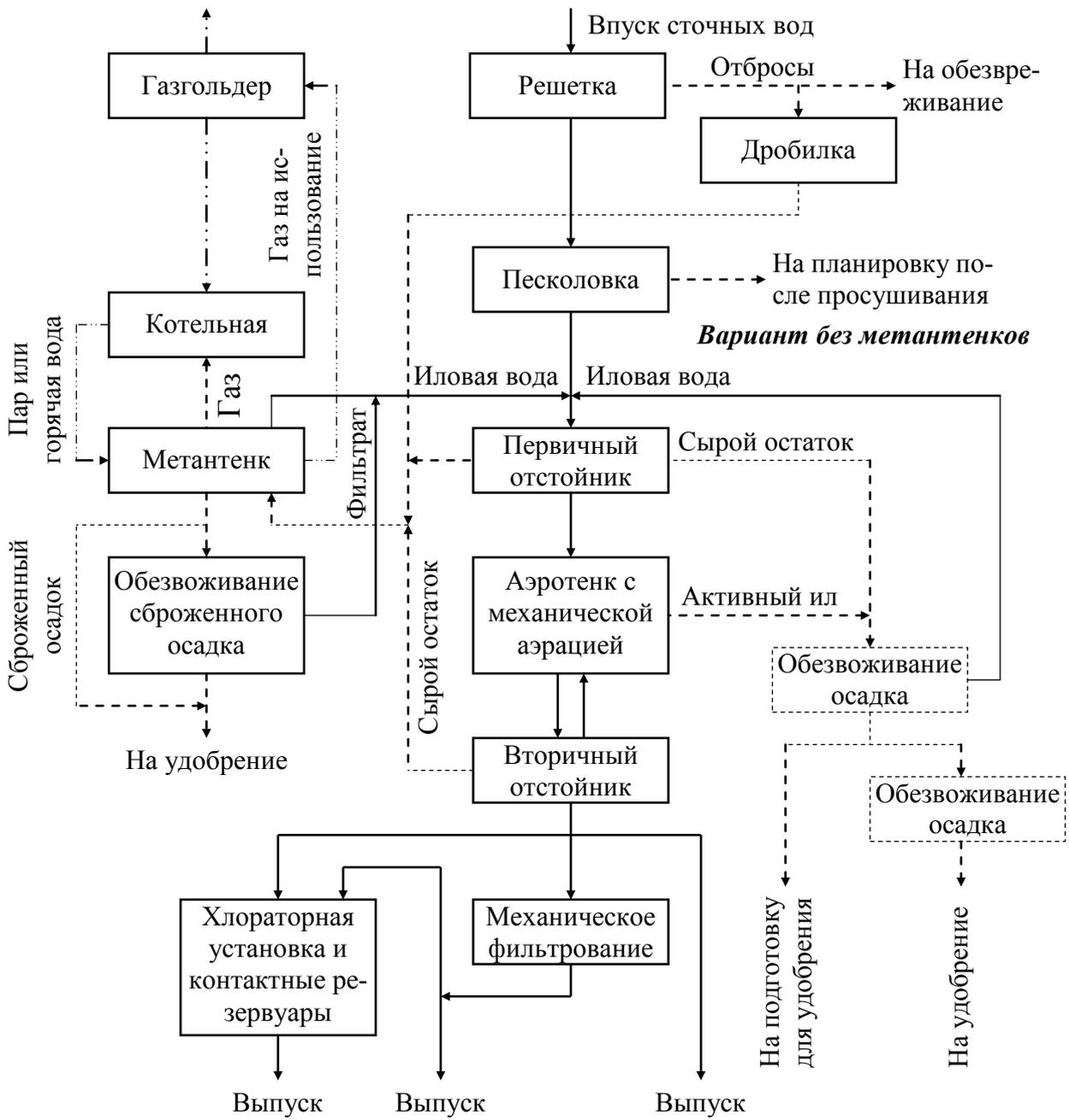


Рис. 2.9. Схема биологической очистки сточных вод в аэротенках с механической аэрацией

Глава XIII

КАНАЛИЗОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

§52. Схемы канализации промышленных предприятий

Выбор системы канализации промышленных предприятий производится на основании технико-экономического обоснования с учетом:

1. количества, состава и свойств сточных вод отдельных производственных цехов, а также режима их отведения;
2. возможности использования производственных сточных вод в системе оборотного водоснабжения или повторного их использования в других цехах, предъявляющих менее жесткие требования к качеству воды;
3. целесообразности извлечения и использования ценных веществ, содержащихся в производственных сточных водах;
4. возможности и целесообразности совместного канализования нескольких близкорасположенных промышленных предприятий и других объектов, а также возможности присоединения их к городской или районной канализации;
5. условий спуска производственных сточных вод в водоем и требуемой степени их очистки;
6. возможных способов очистки сточных вод.

Канализационные сети, насосные станции и сооружения для очистки цеховых стоков, размещаемые на промышленной площадке, относятся к так называемой системе внутриплощадочной канализации данного предприятия. Канализационные коллекторы, насосные станции и очистные сооружения, расположенные вне промышленной площадки, входят в систему внеплощадочной канализации и проектируются с учетом канализования комплекса промышленных предприятий и населенных мест данного района.

Отведение сточных вод с территории промышленных предприятий, как правило, осуществляется по полной раздельной системе канализации. Для некоторых предприятий при соответствующем технико-экономическом обосновании может быть принята общесплавная система канализации (рис. 2.10, *а*).

На тех предприятиях, где производственные сточные воды по своему составу и характеру загрязнений близки к бытовым водам (например, на некоторых предприятиях пищевой промышленности), устраивают общую канализационную сеть для совместного их отведения. Дождевые воды при этом отводятся водостоками. Если имеются условно-чистые производственные воды, то они поступают в систему оборотного водоснабжения или отводятся водостоками. В этом случае раздельная система канализации имеет две сети (рис. 2.10, *б*): сеть загрязненных производственных и бытовых вод и сеть

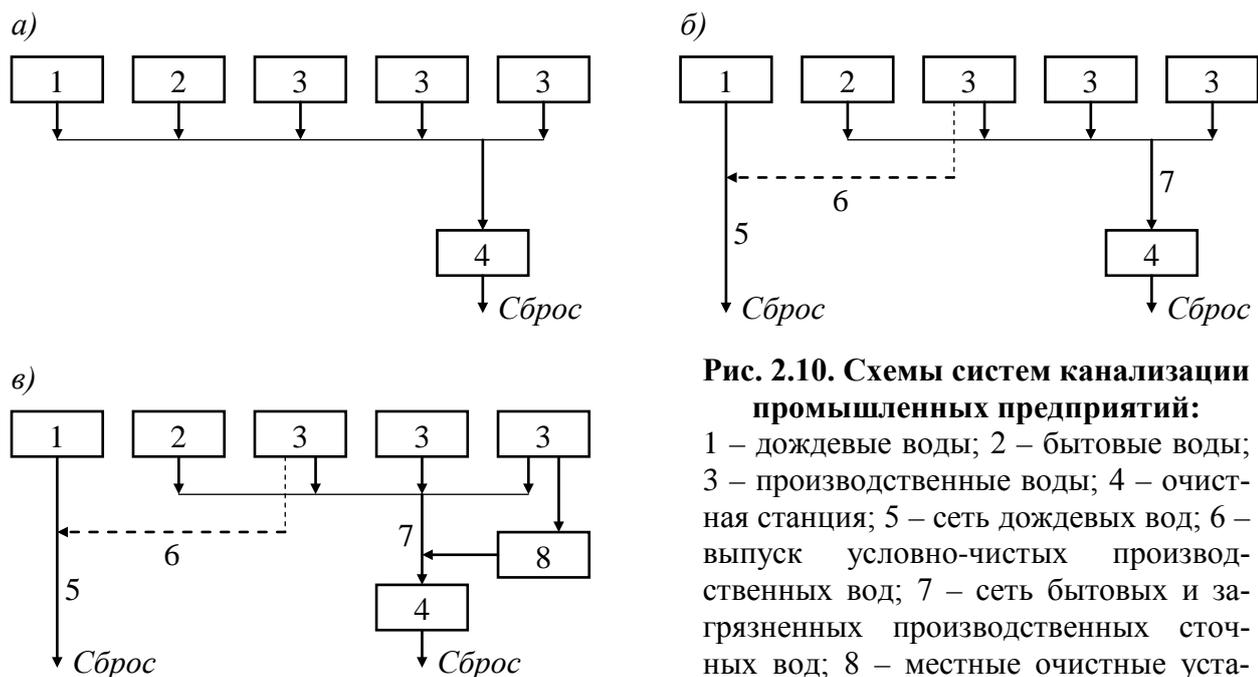


Рис. 2.10. Схемы систем канализации промышленных предприятий:

1 – дождевые воды; 2 – бытовые воды; 3 – производственные воды; 4 – очистная станция; 5 – сеть дождевых вод; 6 – выпуск условно-чистых производственных вод; 7 – сеть бытовых и загрязненных производственных сточных вод; 8 – местные очистные уста-

условно-чистых производственных и дождевых вод. Если производственные, сточные воды нельзя отводить совместно с бытовыми из-за того, что они содержат специфические загрязнения, которые могут вызвать нарушения в работе канализации, устраивают местные очистные сооружения (например, жироловушки, отстойники, шерстеуловители, нейтрализационные установки и др.), располагая их в цехах или вблизи них (рис. 2.10, в).

Во многих случаях смешивание отдельных видов сточных вод в канализационной сети может привести к нежелательным последствиям. Поэтому нельзя, например, допускать смешивания в сети предприятия или в городской канализации:

- кислых вод со стоками, содержащими цианиды, из-за возможности образования ядовитых газов (синильной кислоты);
- сточных вод, содержащих сульфиды, с кислыми стоками (выделяется сероводород);
- вязких сточных вод с кислыми стоками (при этом происходит коагуляция вязкости с выделением из нее сероуглерода и регенерированной целлюлозы);
- кислых стоков (серной кислоты) со стоками, содержащими известь (образуется сульфат кальция, который может выпасть в осадок и способствовать зарастанию труб).

Смешивание производственных сточных вод, содержащих большое количество механических примесей минерального происхождения или таких примесей, как масла, нефть и т.д., с бытовыми сточными водами нецелесообразно; это усложняет очистку вод и обработку выпадающего осадка, а также исключает возможность повторного использования производственных вод и содержащихся в них ценных веществ.

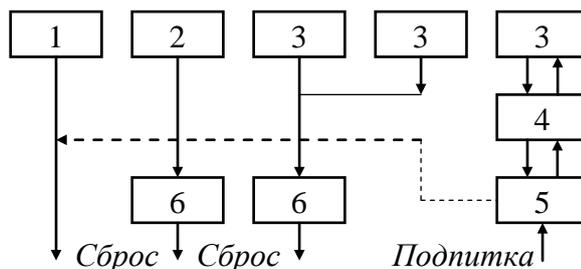


Рис. 2.11. Схема раздельной системы канализации с использованием производственных сточных вод для оборотного водоснабжения:

1 – дождевые воды; 2 – бытовые воды; 3 – производственные воды; 4 – насосная станция; 5 – охладительные сооружения; 6 – очистные сооружения

Поэтому в большинстве случаев на промышленных предприятиях канализация осуществляется по полной раздельной системе (рис. 2.11) с устройством отдельных сетей для производственных, бытовых и дождевых вод. Производственные и бытовые воды поступают на очистные сооружения, а дождевая вода в зависимости от загрязнения подвергается обработке для ее использования или сброса в водоем.

Условно чистые производственные воды, как уже указывалось, следует использовать для оборотного водоснабжения.

Спуск сбросных вод из оборотных систем водоснабжения допускается только в производственную канализацию промышленного предприятия. Незагрязненные производственные сточные воды допускается спускать в дождевую канализацию.

Отвод сточных вод от душей и умывальников следует предусматривать в сеть бытовых вод или производственной канализации предприятия.

В тех случаях когда загрязненные производственные сточные воды ввиду особенностей их состава нельзя отводить общей сетью, укладывают сети разного назначения (например, для отведения кислых, щелочных, шламовых и других видов сточных вод).

§53. Очистка производственных сточных вод

Для очистки производственных сточных вод применяют в зависимости от состава их загрязнений методы механической, химической, физико-химической и биологической очистки.

Механическая очистка – процеживание, отстаивание и фильтрация – применяется для выделения из сточных вод нерастворенных минеральных и органических примесей. Процесс полного осветления сточной воды завершается фильтрованием – пропуском воды через слои зернистого материала (песка, антрацита, керамзита и горелых пород) с частицами различной крупности. Преимущество этих процессов заключается в возможности применения их при нормальной температуре и без добавления химических реагентов.

Эта очистка, как правило, является предварительным, реже – окончательным способом обработки производственных сточных вод.

Химическая очистка применяется в тех случаях, когда выделение загрязнений из сточных вод возможно только в результате химических реакций между этими загрязнениями и вводимыми в очищаемые воды реагентами. При этом происходит окисление и восстановление растворенных в воде примесей с получением нетоксичных или малотоксичных продуктов; превращение в нерастворимые в воде соединения; нейтрализация кислот и щелочей. Химическая очистка сточной воды, содержащей растворенные и коллоидные органические примеси, может осуществляться с помощью озона. К химическим методам очистки сточных вод относятся также электрохимическая очистка, заключающаяся либо в разрушении содержащихся в сточных водах и отработанных растворах вредных примесей путем их электрохимического окисления на аноде, либо в регенерации ценных веществ (меди, железа и др.), которые могут быть возвращены в производство. Нередко обе задачи решаются одновременно.

Физико-химическая очистка сточных вод основана на применении ряда процессов: коагуляции, сорбции, экстракции, эвапорации, флотации, ионного обмена, кристаллизации, диализа, дезактивации, дезодорации и обессоливания.

Коагуляция – осветление и обесцвечивание сточных вод с использованием реагентов (коагулянтов и флокулянтов), вызывающих превращение взвешенных и коллоидных веществ в хлопья с увеличением размера частиц, которые при осаждении (отстаивании) увлекают нерастворимые тонкодисперсные вещества в осадок.

Сорбция – выделение из сточной воды растворенных в ней органических веществ и газов путем концентрации их на поверхности твердого тела (адсорбция), либо путем поглощения вещества из раствора или смеси газов твердыми телами или жидкостями (абсорбция), или, наконец, путем химического взаимодействия растворенных веществ с твердым телом (хемосорбция).

Экстракция – выделение растворенных органических примесей, находящихся в сточных водах, путем обработки последних каким-либо не смешивающимся с водой растворителем – экстрагентом, в котором примеси, загрязняющие воду, растворяются лучше, чем в воде.

Эвапорация – отгонка с водяным паром загрязняющих сточную воду растворенных веществ (например, летучего фенола из сточных вод коксохимических заводов).

Флотация – выделение из сточных вод примесей путем придания им плавучести за счет флотореагента, обволакивающего частички примесей и удаляемого из воды вместе с ними. При флотационной очистке применяют насыщение сточной воды пузырьками мелкодиспергированного воздуха. Частицы, содержащиеся в сточной воде (эмульгированная нефть, целлюлозно-

бумажное волокно, шерсть и др.), прилипают к пузырькам воздуха и всплывают вместе с ними на поверхность воды, а затем удаляются из воды.

Ионный обмен – извлечение из водных растворов различных катионов и анионов при помощи ионитов – твердых природных или искусственных материалов, практически нерастворимых в воде и в органических растворителях, или искусственных смол, способных к ионному обмену. Ионообменная очистка позволяет в ряде случаев утилизировать ценные компоненты сточных вод и обеспечить высокую степень их деминерализации.

Кристаллизация – очистка загрязненных стоков путем выделения загрязнений в виде кристаллов.

Диализ – разделение истинно растворенных веществ и коллоидов с помощью специальных мелкопористых перегородок, не пропускающих коллоиды.

Дезактивация производственных сточных вод, содержащих радиоактивные вещества, производится путем их выдерживания перед спуском в водоем (при загрязнении короткоживущими изотопами) или путем удаления из сточных вод взвешенных и растворенных радиоактивных веществ с долгоживущими изотопами.

Дезодорация – устранение запахов путем аэрирования, хлорирования и озонирования.

Обессоливание производственных сточных вод производится выпариванием, вымораживанием, ионным обменом и обратным осмосом.

Наряду с методами физико-химической очистки сточных вод представляет интерес кристаллогидратный метод деминерализации, состоящий в контактировании сточной воды с гидратообразующим агентом M (пропан, хлор, фреоны, CO_2 и др.) и образовании твердого кристаллического вещества – кристаллогидратов, имеющих формулу $M \cdot nH_2O$. При кристаллогидратной очистке сточной воды не требуется больших затрат, отсутствует возможность образования накипи вследствие невысоких температур процесса, близких к температуре окружающей среды, меньше коррозия.

Перечисленные методы физико-химической очистки производственных сточных вод во многих случаях предусматривают извлечение из них ценных веществ и поэтому относятся к так называемым регенерационным методам. Эти методы применяются, как правило, для наиболее концентрированных сточных вод. Прибыль от реализации регенерированных веществ позволяет частично или полностью компенсировать расходы на обезвреживание сточных вод. Так, прибыль от утилизации полимеров из стоков производств вспенивающегося полистирола и поливинилхлорида превышает все затраты на очистку стоков.

При других методах очистки, называемых деструктивными, загрязняющие воды вещества подвергаются разрушению (преимущественно путем окисления и реже восстановления); образующиеся при этом продукты удаляются из воды в виде газов или осадков.

Деструктивные методы применяются для сточных вод с органическими примесями, не представляющими технической ценности, или в качестве доочистки после регенерационных методов. Основным из деструктивных методов является метод биологического окисления в аэробных или анаэробных условиях. Очищенные по этому методу производственные сточные воды отвечают санитарно-гигиеническим и рыбохозяйственным нормативам и могут быть спущены в водоем; нередко они могут быть использованы повторно на технологические нужды. Затраты на биологическую очистку зависят от состава стоков, они минимальны при очистке производственных стоков совместно с бытовыми и при небольшом разбавлении условно чистыми стоками. При большом разбавлении их речной водой затраты на биологическую очистку могут быть выше, чем по другим методам.

При совместной биологической очистке производственных и бытовых сточных вод предварительная механическая их очистка может производиться как совместно, так и отдельно. Раздельная предварительная очистка обязательна, если производственные сточные воды загрязнены минеральными веществами или должны быть подвергнуты физико-химической очистке.

Совместная механическая очистка целесообразна в тех случаях, когда производственные сточные воды загрязнены в основном органическими веществами, поддающимися биохимическому окислению, и не требуют специальной предварительной обработки, а также в случаях незначительного количества производственных вод, когда разбавление их бытовыми водами исключает возможность нарушения биологического процесса очистки.

Когда биологическая очистка не удовлетворяет повышенным санитарным и рыбохозяйственным требованиям, применяется дополнительная обработка сточных вод. В этих случаях они подвергаются глубокой очистке одним из следующих процессов; фильтрации, адсорбции, озонированию, флотации или их комплексному применению.

Эффективность очистки производственных сточных вод различными методами приведена в табл. 2.24.

Таблица 2.24

Эффективность очистки производственных сточных вод

Методы очистки	Эффективность очистки, %	
	по взвешенным веществам	по БПК
Механические	50-90	30-35
Химические	80-90	0-40
Физико-механические	90	50-75
Биологические	95	90-95

Производственные сточные воды, не поддающиеся очистке перечисленными выше методами, или если эти методы неприменимы по технико-экономическим показателям, подвергаются выпариванию, сжиганию или закачке в глубокие поглощающие пласты.

Выпаривание отработанных растворов чаще всего применяют при получении товарной продукции (например, в калийной и содовой промышленности) или для уменьшения объема вредных веществ (например, радиоактивных продуктов ядерного расщепления, получающихся на установках атомной энергии), а также для обессоливания воды.

Сжигание применяется для ликвидации особенно вредных сточных вод, не поддающихся очистке, и требует больших капитальных и эксплуатационных затрат. Этот метод эффективен при содержании в стоках большого количества органических веществ и их высокой температуре, что позволяет снизить расходы на топливо.

В настоящее время широкое применение находит закачка в подземные горизонты наиболее загрязненных стоков химических производств. Закачка целесообразна, если обеспечивается высокая поглощаемость скважин, а также при близком расположении скважин от химического предприятия.

Выбор того или иного метода очистки производственных сточных вод обуславливается их количественной и качественной характеристикой и местными условиями. Во всех случаях следует выбирать наиболее экономичные процессы очистки сточных вод, позволяющие извлекать ценные вещества и использовать очищенные сточные воды для технического водоснабжения.

В процессе очистки производственных сточных вод образуется значительное количество осадка, имеющего в некоторых случаях определенную ценность. До настоящего времени осадок часто обезвоживается путем естественной сушки на иловых площадках либо складывается в шламонакопители. В случае ограничения по площади для строительства иловых площадок и шламонакопителей применяется механическое обезвоживание осадка сточных вод с применением вакуум-фильтров, вибросит, фильтр-прессов и центрифуг.

После обезвоживания осадков их используют в производстве (металлургические шламы) или при очистке сточных вод в качестве фильтрующего материала (шлаки), в качестве реагента при нейтрализации или коагуляции сточных вод. Стабилизированный органический осадок используют для удобрения сельскохозяйственных угодий. Для органического осадка производственных сточных вод, который не может быть утилизирован, применяют сжигание. Сжигают, как правило, обезвоженные осадки, в состав которых входят нефтяные отходы и органические растворители.

§54. Канализация предприятий строительной индустрии и характеристика сточных вод

Камнеобрабатывающие предприятия. Загрязненные производственные стоки сбрасываются в шламонакопители, где происходит их осветление. При необходимости для отстаивания воды применяют коагулянты. Производственные стоки гаражного хозяйства и других вспомогательных

служб, содержащие нефтепродукты, взвешенные и другие вещества, после локальной механической очистки сбрасываются в бытовую канализацию.

Характеристика сточных вод камнеобрабатывающих предприятий приведена в табл. 2.25.

Таблица 2.25

Характеристика сточных вод камнеобрабатывающих предприятий

Показатели	Единица измерения	Сточные воды
Взвешенные вещества	мг/л	40000
pH	–	7,6-8,5
Жесткость:		
– общая	мг-экв/л	4,5-18,26
– карбонатная	мг-экв/л	1,1-3,16
Сухой остаток	мг/л	600-2880
Ca ²⁺	мг/л	47-126
Mg ²⁺	мг/л	5,6-171
Na ⁺ + K ⁺	мг/л	4-42
HCO ₃ ⁻	мг/л	28-179
Cl ⁻	мг/л	21-1370
SO ₄ ²⁻	мг/л	154-525

Цементные заводы. Отведение сточных вод на территории цементных заводов осуществляется тремя канализационными сетями: производственных, дождевых и бытовых стоков. Производственные сточные воды от охлаждения оборудования находятся в замкнутом цикле без сброса за пределы площадки завода. Загрязненные сточные воды от мазутного хозяйства и мытья машин подвергаются механической очистке на локальных очистных сооружениях, после чего используются на технологические нужды.

Известковые заводы. На известковых заводах сточные воды отводятся тремя канализационными сетями: производственных загрязненных, условно-чистых и бытовых стоков. Производственные загрязненные сточные воды от аспирационных систем мокрой очистки воздуха содержат частицы извести 5-16 г/л; перед сбросом в водоем их подвергают механической очистке в отстойниках. Условно-чистые сточные воды от охлаждения оборудования содержат незначительное количество смазочных масел, в случае мокрой уборки цехов – частицы известняка.

При производстве известняковой муки водоотведение осуществляется объединенной сетью – производственных и бытовых стоков.

Заводы гипса. Сточные воды от производства гипса специфических загрязнений не содержат (кроме незначительного количества нефтепродуктов) и вместе с бытовыми стоками сбрасываются в общезаводскую канализацию.

Производство асбестоцементных изделий. Фильтрат и промывочные воды от формовочной машины поступают для очистки от частиц асбеста и цемента в вертикальные отстойники непрерывного действия – рекуператоры. Из рекуператоров осветленная вода подается для приготовления асбесто-

вой суспензии, промывки сукон и сеток. Вода, содержащая асбест и цемент, из нижней части рекуператоров используется для приготовления асбестоцементной суспензии. Характеристика сточных вод производств асбестоцементных изделий приведена в табл. 2.26.

Таблица 2.26

Характеристика сточных вод от производств асбестоцементных изделий

Показатели	Единица измерения	Сточные воды
Температура	°С	30
Взвешенные вещества	мг/л	25000
Эфирорастворимые вещества	мг/л	12
Прозрачность по шрифту	см	13
Цветность	град	5
рН	–	13,0
Щелочность общая	мг-экв/л	80
Сухой остаток	мг/л	10000
Ca ²⁺	мг/л	700
K ⁺	мг/л	6000
SO ₄ ²⁻	мг/л	7000
Токсичные вещества – Cr ⁶⁺	мг/л	4
ХПК	мгО/л	90
БПК _{полн}	мгО ₂ /л	10

Предприятия силикатного (автоклавного) бетона. На предприятиях силикатного бетона сточные воды отводятся двумя канализационными сетями: производственных и бытовых стоков. Сточные воды содержат песок, частицы силикатной массы и гипсового камня, соли металлов, сульфаты, хлориды и смазочное масло. Они очищаются в отстойнике и бензомаслоуловителе, после чего сбрасываются в водоем.

Характеристика сточных вод предприятий силикатного бетона приведена в табл. 2.27.

Таблица 2.27

Характеристика сточных вод от производств силикатобетонных изделий

Показатели	Единица измерения	Сточные воды
Взвешенные вещества	мг/л	1000
Эфирорастворимые вещества	мг/л	20-60
Прозрачность по шрифту	см	8
Запах	балл	3
Цветность	град	20
рН	–	7,0-9,0
Жесткость общая	мг-экв/л	1
Сухой остаток	мг/л	500-1200
Fe _{общ}	мг/л	0,2
БПК ₅	мгО ₂ /л	15-20

Предприятия силикатного кирпича. На предприятиях силикатного кирпича сточные воды отводятся двумя канализационными сетями – производственных и бытовых стоков. Сточные воды, содержащие песок, частицы силикатной массы, гипса, соли металлов и смазочные масла, очищают в отстойнике и бензомаслоуловителе, после чего их сбрасывают в водоем. Конденсат от автоклавов на многих предприятиях используется повторно для увлажнения силикатной массы.

Характеристика сточных вод предприятий силикатного кирпича приведена в табл. 2.28.

Таблица 2.28

Характеристика сточных вод от производств силикатного кирпича

Показатели	Единица измерения	Сточные воды
Температура	°С	15-80
Взвешенные вещества	мг/л	до 1000
Эфирорастворимые вещества	мг/л	20-60
Прозрачность по шрифту	см	8
Запах	балл	3
Цветность	град	20
рН	–	7,0-9,0
Жесткость общая	мг-экв/л	1
Сухой остаток	мг/л	500-1200
Fe _{общ}	мг/л	0,2
БПК ₅	мгО ₂ /л	до 15-20

Предприятия керамических изделий. Производственные сточные воды перед сбросом в водоем подвергают обработке на очистных сооружениях или в отстойниках с применением коагулянта.

Характеристика сточных вод предприятий строительной керамики приведена в табл. 2.29.

Таблица 2.29

Характеристика сточных вод от производств керамических изделий

Показатели	Единица измерения	Сточные воды
Температура	°С	20
Взвешенные вещества	мг/л	5510
рН	–	7,95
Жесткость общая	мг-экв/л	12,7
Щелочность общая	мг-экв/л	4,9
Остаток:		
– сухой	мг/л	900
– прокаленный	мг/л	900
Ca ²⁺	мг/л	200
Mg ²⁺	мг/л	13,36
Cl ⁻	мг/л	60,9
SO ₄ ²⁻	мг/л	163,9
ХПК	мгО/л	–

Предприятия керамзитового гравия. Сточные воды отводятся тремя канализационными сетями: производственных загрязненных, производственных незагрязненных (от охлаждения оборудования) и бытовых стоков. Загрязненные производственные стоки (от аспирационной системы, мазутного хозяйства и дренажа) перед сбросом в канализацию проходят локальную очистку (отстойники, нефтеловушки).

Характеристика сточных вод предприятий керамзитового гравия приведена в табл. 2.30.

Таблица 2.30

Характеристика сточных вод от производств керамзитового гравия

Показатели	Единица измерения	Сточные воды
Температура	°С	8
Эфирорастворимые вещества	мг/л	60
Прозрачность по шрифту	см	20
рН	–	6,5-8,5
Жесткость:		
– общая	мг-экв/л	50
– карбонатная	мг-экв/л	3,5
Щелочность общая	мг-экв/л	4
Ca ²⁺	мг/л	–
Mg ²⁺	мг/л	–
Cl ⁻	мг/л	350
SO ₄ ²⁻	мг/л	500
Fe _{общ}	мг/л	1
ХПК	мгО/л	200
БПК _{полн}	мгО ₂ /л	15

Предприятия мягких кровельных материалов (картона, рубероида, толя) и гидроизоляционных материалов (изола, мастики изол, фольгоизола). Отведение сточных вод от производств мягких кровельных материалов осуществляется тремя сетями: производственных загрязненных, дождевых и бытовых стоков. Сточные воды, загрязненные маслами, очищают в нефтеловушке и сбрасывают в дождевую канализацию. Сточные воды от производств толя образуются в основном от охлаждения оборудования и сбрасываются в водоемы без очистки.

Отведение сточных вод от производств гидроизоляционных материалов осуществляется тремя сетями: производственных загрязненных стоков, дождевых и бытовых стоков. Сточные воды в производствах гидроизоляционных материалов образуются только при обмывке шин и от мытья полов производственных помещений; их очищают совместно с бытовыми стоками.

Характеристика сточных вод предприятий мягких кровельных и гидроизоляционных материалов приведена в табл. 2.31.

Производство железобетонных изделий. Отведение сточных вод производства железобетонных изделий осуществляется двумя канализационными сетями: производственных загрязненных и бытовых стоков.

Таблица 2.31

**Характеристика сточных вод от производств мягких кровельных
и гидроизоляционных материалов**

Показатели	Единица измерения	Сточные воды от производств	
		кровельного картона	рубероида и гидроизоляционных материалов
Взвешенные вещества	мг/л	1200	100
Эфирорастворимые вещества	мг/л	150	100
pH	–	6,5-7,5	6,5-7,5
Сухой остаток	мг/л	3500	400
СГ	мг/л	100	50
SO ₄ ²⁻	мг/л	120	50
Окисляемость перманганатная	мгО/л	1200	80
ХПК	мгО/л	1700	80
БПК ₅	мгО ₂ /л	700	50

Производственные сточные воды содержат частицы цемента, щебня, песка и жировых веществ; после отстаивания и очистки от масла и жира их сбрасывают в канализацию бытовых стоков.

Характеристика сточных вод от производств железобетонных изделий приведена в табл. 2.32.

Таблица 2.32

Характеристика сточных вод от производств железобетонных изделий

Показатели	Единица измерения	Сточные воды
Температура	°С	13,7
Взвешенные вещества	мг/л	139,26
Эфирорастворимые вещества	мг/л	5,88
Прозрачность по шрифту	см	20,2
Запах		
– холодной воды	балл	2,03
– воды при нагревании	балл	3,76
pH	–	9,36
Щелочность общая	мг-экв/л	2,28

Производство строительных металлоконструкций. Производственные сточные воды, содержащие масла, окалину, взвеси, проходят локальную очистку в местных грязеотстойниках и нефтеловушках. Кислото- и щелочесодержащие сточные воды с регенерационной установки и промывные воды нейтрализуются, затем отстаиваются и направляются в канализацию.

Отработавшие травильные растворы после регенерации используются на те же цели.

В отдельных случаях производственные и бытовые сточные воды можно смешивать перед подачей их на очистные сооружения. Дождевые воды с территории предприятия перед сбросом в городскую канализацию про-

ходят очистку в горизонтальных отстойниках, оборудованных маслосборными лотками, и камерах доочистки с фильтрами.

Как правило, на заводе устраивают три сети канализации: производственных, бытовых и дождевых стоков.

Характеристика сточных вод от цехов цинкования и окраски приведена в табл. 2.33.

Таблица 2.33

**Характеристика сточных вод заводов металлоконструкций,
направляемых в городскую канализацию**

Показатели	Единица измерения	Сточные воды
Температура	°С	30
Взвешенные вещества	мг/л	80
Нефтепродукты	мг/л	0,16
рН	–	5,0-6,0
Сухой остаток	мг/л	386
Азот аммонийных солей	мг/л	4,7
Фосфаты	мг/л	1,24
Хлориды	мг/л	3,4
БПК ₂₀	мгО ₂ /л	113

Раздел третий

САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЗДАНИЙ

Глава XIV

ВНУТРЕННЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ

§55. Внутренний водопровод зданий

Внутренним водопроводом является система трубопроводов и устройств, обеспечивающих подачу воды к санитарно-техническим приборам, пожарным кранам и технологическому оборудованию, обслуживающая одно или несколько зданий или сооружений и имеющая общее водоизмерительное устройство от сети водопровода населенного пункта или промышленного предприятия.

В состав системы внутреннего водопровода входят: ввод в здания, водомерный узел, разводящая сеть, стояки, подводки к санитарным приборам и технологическим установкам, водоразборная, смесительная, запорная и регулирующая арматура. В зависимости от местных условий и технологии производства в систему внутреннего водопровода могут включаться насосные установки, повышающие давление в сети, и запасные и регулирующие емкости, создающие запас воды в системе на пожарные, аварийные и регулирующие нужды.

Внутренний водопровод производственных и вспомогательных зданий. Производственные системы водопровода проектируются для подачи воды, удовлетворяющей технологическим требованиям и не вызывающей коррозии трубопроводов и аппаратуры, отложения солей и биологического обрастания труб и аппаратов. В зданиях, в зависимости от их назначения, применяют объединенные и отдельные системы хозяйственно-питьевого, производственного и противопожарного водопроводов.

Объединенный хозяйственно-питьевой, производственный и противопожарный водопровод применяется в следующих случаях:

- на предприятиях, где на производственные нужды требуется вода питьевого качества и устройство отдельного противопожарного водопровода экономически нецелесообразно;
- при отсутствии или малом расходе воды на производственные нужды;
- при наличии на промышленной площадке только хозяйственного источника водоснабжения от централизованного городского водопровода

или из подземных вод питьевого качества.

Объединенный хозяйственно-питьевой и противопожарный водопровод применяется при отсутствии потребности воды на производственные нужды или при наличии производственного водоснабжения из источника водоснабжения непитьевого качества, а также, если хозяйственно-питьевой водопровод может обеспечить противопожарные нужды.

Объединенный производственный и противопожарный водопровод предусматривается при невозможности подачи воды на противопожарные и производственные нужды из наружного хозяйственно-питьевого водопровода из-за его недостаточной мощности.

Раздельные хозяйственно-питьевые, противопожарные и производственные системы водоснабжения используются на промышленных предприятиях в следующих случаях:

- при особо опасной в пожарном отношении категории производства, требующей устройства специальной автоматической системы пожаротушения;
- при использовании на производственные нужды воды из источников водоснабжения непитьевого качества;
- при специальной водоподготовке воды на производственные нужды (умягчение, обезжелезивание, охлаждение и т.д.).

Внутренний водопровод жилых и общественных зданий. В жилых и общественных зданиях система водоснабжения по своему назначению может быть:

1. хозяйственно-питьевой – вода используется только для хозяйственно-питьевых нужд и не требуется устройство противопожарного водопровода;
2. объединенной хозяйственно-питьевой и противопожарной;
3. раздельной хозяйственно-питьевой и противопожарной – устраивается, когда расход воды на внутреннее пожаротушение не обеспечивается хозяйственно-питьевым водопроводом;
4. раздельной питьевой и хозяйственно-противопожарной – применяется в населенных пунктах, где источники питьевого водоснабжения не обеспечивают все нужды потребителей.

В ряде общественных зданий и сооружений, помимо хозяйственно-питьевого и противопожарного водоснабжения, предусматривают систему специального технологического водоснабжения. В спортивно-плавательных бассейнах, строящихся на морских побережьях технологическое водоснабжение целесообразно устраивать на морской воде, при этом воду, поступающую в плавательные ванны, необходимо дезинфицировать. Водообмен в ваннах бассейнов осуществляется с непрерывным протоком свежей воды (разовое использование). В водолечебницах к ваннам, в зависимости от технологических нужд, предусматривается подача морской, минеральной и сероводородной воды, морской рапы, геотермальных вод.

В зависимости от технической характеристики наружных водопроводных сетей и технологии водопотребления в жилых и общественных зданиях могут применяться различные схемы водоснабжения: водопровод, работающий постоянно под давлением в сети наружного водопровода (рис. 3.1, а); водопровод с постоянной или периодической подкачкой воды (рис. 3.1, б);

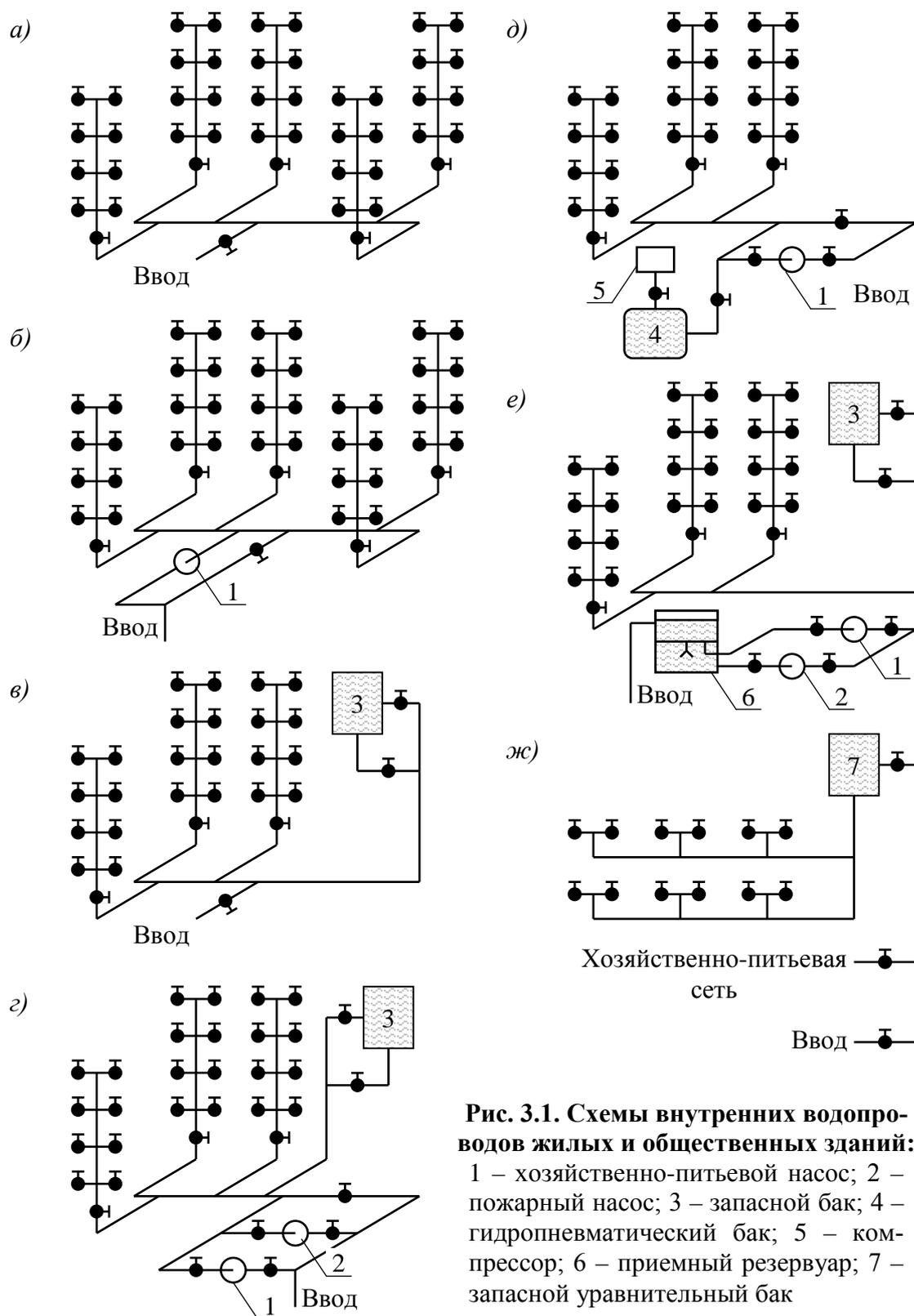


Рис. 3.1. Схемы внутренних водопроводов жилых и общественных зданий:
 1 – хозяйственно-питьевой насос; 2 – пожарный насос; 3 – запасной бак; 4 – гидропневматический бак; 5 – компрессор; 6 – приемный резервуар; 7 – запасной уравнивающий бак

водопровод с запасным баком (рис. 3.1, в); водопровод с запасным баком и насосами (рис. 3.1, г); водопровод с гидропневматическим баком (рис. 3.1, д); водопровод с запасными баками и разрывом струи воды (рис. 3.1, е); водопровод с уравнивательными баками (рис. 3.1, ж).

Внутренний водопровод высотных зданий. В высотных зданиях, как правило, предусматривают зонную систему водоснабжения, что вызвано необходимостью обеспечения допустимого гидростатического напора не более 45 м на отметке наиболее низко расположенного санитарно-технического прибора при хозяйственно-питьевом водоснабжении. Первая зона, включающая нижние этажи, обычно обеспечивается напором наружной сети водопровода, а последующие – повысительными насосными установками, обслуживающими самостоятельно каждую зону.

При зонном водоснабжении в здании предусматривается, как правило, две водопроводные сети: хозяйственно-питьевая и противопожарная. Это обусловливается значительной разностью напоров, необходимых для подачи воды на хозяйственно-питьевые и пожарные нужды.

Высотные здания при зонировании систем снабжаются водой по трем основным схемам: последовательной, параллельной и общей.

При последовательной схеме вода подается из одной зоны в другую. Насосы и баки при такой схеме размещают на технических этажах зданий, что значительно увеличивает эксплуатационные расходы, кроме того, она мало надежна, так как при аварии на нижних участках трубопровода верхние зоны могут остаться без воды. Поэтому последовательную схему обязательно дополняют запасной (общей) схемой со своим насосом, который может подавать воду в любой бак. Преимущество параллельной схемы в том, что все насосы располагают в одном насосном помещении и каждая зона работает независимо одна от другой.

Одним из ощутимых недостатков в водоснабжении высотных зданий является непроизводительный расход воды, связанный с избыточным напором у водоразборной арматуры, поэтому для экономии воды в высотных зданиях рекомендуется установка регуляторов давления и калиброванных дисковых диафрагм.

§56. Противопожарные устройства

Внутренние противопожарные водопроводы делятся на простые (оборудованные пожарными кранами), автоматические и полуавтоматические.

Простые противопожарные водопроводы, предназначенные для тушения пожаров внутри здания, имеют сеть, общую с хозяйственным водопроводом, в которой к разводящим магистральным линиям присоединяют специальные стояки, оборудованные пожарными кранами. Гидростатический напор в системе водопровода на отметке наиболее низко расположенного пожарного крана не должен превышать 45 м.

Пожарные стояки и пожарные краны размещают в отопляемых лестничных клетках, коридорах, у входов в отдельные помещения, т.е. в местах, удобных для их обслуживания, на высоте 1,35 м от пола в шкафчиках с отверстиями для проветривания. К пожарным кранам с помощью быстро-смыкающихся полугаек присоединяют шланги и брандспойты.

Внутренние пожарные краны вентильного типа устанавливают диаметром 50 мм для получения пожарных струй с расходом воды до 4 л/с и 65 мм – для получения больших расходов.

Пожарные краны размещаются в здании таким образом, чтобы тушение пожара в любой части помещения было обеспечено при наименьшем числе кранов и наиболее коротком трубопроводе. Наименьшая высота и радиус действия компактной части пожарной струи принимаются равными высоте помещения, считая от пола до наивысшей точки перекрытия (покрытия), но не менее:

- 6,0 м – в жилых, общественных, производственных и вспомогательных зданиях промышленных предприятий высотой до 50 м;
- 8,0 м – в жилых зданиях высотой свыше 50 м;
- 16,0 м – в общественных, производственных и вспомогательных зданиях промышленных предприятий высотой свыше 50 м.

Автоматический противопожарный водопровод (спринклерное устройство) устанавливают в театрах и на промышленных предприятиях, где быстрое распространение огня может привести к тяжелым последствиям.

Автоматический противопожарный водопровод состоит из разводящих труб, проложенных под потолком, закрытых разбрызгивателей (спринклерных головок) расположенных из расчета одна головка на 9,0 м² пола, водопитательного бака, воздушной трубы и насосной установки.

Закрытые разбрызгиватели работают следующим образом. При возникновении пожара и повышении температуры воздуха до 72° С плавится легкоплавкий припой замка, закрывающий с помощью клапана отверстие диафрагмы. Замок распадается на отдельные части и открывает отверстие разбрызгивателя. Струя воды, ударяясь о розетку, расположенную ниже отверстия, разбрызгивается во все стороны. Одновременно контрольно-сигнальный клапан автоматически пропускает воду в разводящую сеть и дает сигнал пожарной тревоги. Насосы, включаемые автоматически, подают воду в сеть для ликвидации пожара.

Используют также автоматические противопожарные водопроводы с открытыми разбрызгивателями. Открытые разбрызгиватели, через которые поступает вода, представляют собой такие же головки, как и закрытые (спринклерные). Отверстия в них диаметром 6-13 мм не закрыты.

Полуавтоматические противопожарные трубопроводы (дренчерные устройства) предназначены для создания водяной завесы, защищающей наиболее важные части здания от огня (например, в театрах для отделения зрительного зала от сцены, в цехах для изолирования одной части помещения

от другой). Кроме того, дренчерные устройства могут быть использованы для тушения огня сверху. Противопожарная установка приводится в действие открытием вентиля на магистрали.

Полуавтоматические противопожарные водопроводы делят на отдельные секции, в которых линии трубопровода прокладывают на одинаковом расстоянии одна от другой, не превышающем 2,5 м. В случае пожара каждую секцию трубопровода включают вручную.

§57. Водоразборная, запорная, предохранительная и регулирующая арматура

В зависимости от назначения, применяют следующие виды арматуры на внутренних водопроводных сетях: водоразборную, запорную, предохранительную и регулирующую.

Водоразборная арматура. В зависимости от рабочего давления водоразборную арматуру, предназначенную для разбора воды из систем водоснабжения на бытовые и хозяйственные нужды, подразделяют на две группы – с рабочим давлением до 1,0 МПа (I группа) и с рабочим давлением до 0,63 МПа (II группа). К ней относят водоразборный, туалетный, писсуарный и банный краны, а также смесители. В зависимости от конструкции органов управления арматуру подразделяют на: краны и смесители с одной или двумя рукоятками, краны и смесители локтевые, с ножным пуском; полуавтоматическим, кнопочным или автоматическим пусками.

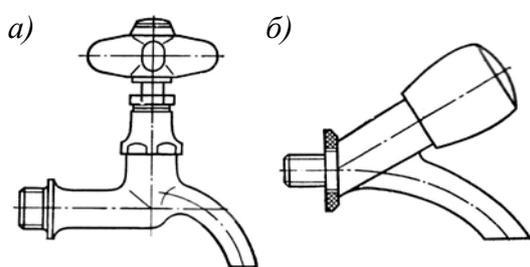


Рис. 3.2. Водоразборные краны

Металлические водоразборные краны (рис. 3.2, *a*) изготовляют двух размеров условным проходом 15 мм и 20 мм. Пластмассовые водоразборные краны (рис. 3.2, *б*) выпускаются с условным проходом 15 мм для установки на трубах холодной воды при давлении в системах до 0,6 МПа.

Настольный туалетный кран с жестко закрепленным изливом устанавливается непосредственно на полочку умывальника, а настенный туалетный кран с поворотным изливом крепится к стене.

Писсуарный кран вентильного типа (рис. 3.3) состоит из корпуса, на одном конце которого имеется резьба для присоединения его к трубопроводу, а на другом конце – муфта для присоединения к писсуару. В корпус крана ввертывается крышка со шпинделем, на одном конце которого укреплен клапан с уплотнительной прокладкой, а на другом – маховичок. При повороте маховичка крана шпиндель прижимает прокладку к седлу, в результате чего прекращается поступление воды. Герметичность крана в месте прохода шпинделя обеспечивается сальниковой набивкой, уплотняемой сальниковой втулкой.

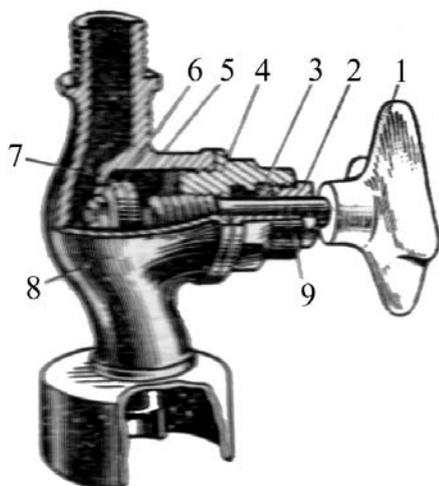


Рис. 3.3. Писсуарный кран

1 – маховичок; 2 – сальниковая втулка; 3 – сальниковая набивка; 4 – крышка; 5 – клапан; 6 – уплотнительная прокладка; 7 – седло; 8 – корпус; 9 – шпindelь

Банный кран пробкового типа состоит из корпуса и конусной пробки с окном, через которое поступает вода. Герметичность крана достигается за счет конусной пробки, которая натягивается натяжной гайкой.

В системах горячего водоснабжения для смешения горячей и холодной воды используют различные смесители, предназначенные для умывальников, моек, ванн и душевых комнат. По конструкции смесители изготовляют настольные, устанавливаемые непосредственно на умывальниках и мойках, и настенные, устанавливаемые на стене, над бортом умывальника или мойки.

Водоразборная арматура должна обеспечивать при рабочем давлении в сети расходы воды, указанные в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Расходы воды, обеспечиваемые водоразборной арматурой

Тип арматуры	Расход воды, л/с, не менее	
	при минимальном рабочем давлении 0,05 МПа	при рабочем давлении 0,3 МПа
Краны для умывальников, раковин и писсуаров	0,07	0,2
Смесители для моек, умывальников и раковин	0,07	0,2
Смесители для ванн (в том числе общие для ванны и умывальника):		
– на излив	0,12	0,33
– на душевую сетку	0,08	0,2
Смесители для душа	0,08	0,2

Запорная арматура служит для выключения отдельных участков водопроводной сети или всей сети здания или сооружения. К запорной арматуре относятся задвижки и вентили.

Задвижка – запорное устройство, в котором запорный диск перемещается поступательно в направлении, перпендикулярном движению потока рабочей среды. По конструкции затвора задвижки разделяются на два типа: параллельные и клиновые; по конструкции шпинделя – на задвижки с выдвигным и невыдвигным шпинделями. Задвижки устанавливают на трубопроводах диаметром от 50 мм и более.

Вентиль – запорное устройство, в котором запорный диск перемещается поступательно в направлении, совпадающем с направлением потока транспортируемой среды. С помощью вентилей отключают отдельные участки

трубопроводов диаметром до 50 мм и регулируют количество транспортируемой среды, проходящей по трубопроводу, Вентили выпускают с наклонным и прямым шпинделями, муфтовые и фланцевые. В системах водоснабжения применяют главным образом муфтовые вентили.

Предохранительные клапаны. Предохранительные клапаны предохраняют системы, котлы, бойлеры и сосуды, работающие под давлением, от аварии, в случае, если давление в них поднимается выше допустимого: При повышении давления в сети, котлах или сосудах клапан автоматически выпускает воду, и давление понижается. Предохранительные клапаны выпускают рычажные и пружинные. Поддержание заданного давления в сети в рычажном клапане регулируется массой груза, а также и перемещением груза по рычагу клапана. В пружинном клапане давление регулируется пружиной, которая с помощью болта и натяжной гайки сжимается для настройки на большее давление, и, наоборот, если надо, поддерживает меньшее давление – пружина ослабляется.

Регулирующая арматура. Давление и напорном трубопроводе систем водоснабжения регулируют с целью предохранения их от возможных повреждений при повышении давления. Регулировку постоянства давления осуществляют регулятором прямого действия. Температура регулируемой среды, подводимой к мембранному устройству регулятора, не должна превышать 40° С. Регулятор устанавливают на горизонтальном участке трубопровода в вертикальном положении мембранным приводом вверх.

§58. Приборы измерения расхода воды и давления

Приборы для измерения расхода воды. Для учета расхода потребляемой воды устанавливают турбинные (рис. 3.4, *а*) и крыльчатые (рис. 3.4, *б*) водомеры. При небольших расходах воды и диаметрах ввода до 50 мм применяют крыльчатые скоростные водомеры диаметром прохода 10-50 мм. Для учета больших расходов воды применяют турбинные водомеры диаметром прохода 50-200 мм.

Рабочей частью водомера служит ось с крыльчаткой или турбина, которая вращается под давлением струи воды, проходящей через водомер. Вращение крыльчатки или турбины через систему зубчатых колес передаточного механизма передается счетному механизму, который показывает на циферблате водомера расход воды.

Счетчики воды следует устанавливать на вводах трубопровода холодного и горячего водоснабжения в каждое здание и сооружение, в каждую квартиру жилых зданий и на ответвлениях трубопроводов в магазины, столовые, рестораны и другие помещения, встроенные или пристроенные к жилым, производственным и общественным зданиям.

Диаметр условного прохода счетчика воды выбирается исходя из среднечасового расхода воды за период потребления (сутки, смену), который

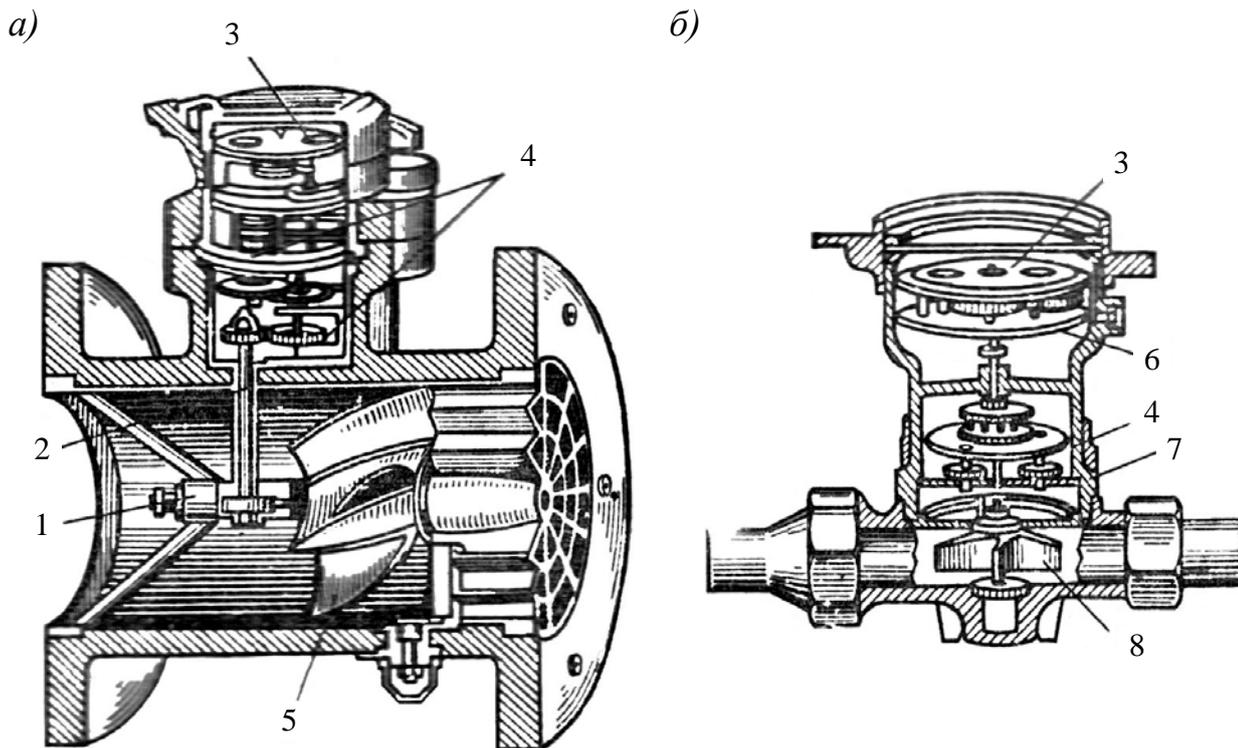


Рис. 3.4. Скоростные водомеры:

1 – ось; 2 – передаточный механизм; 3 – циферблат; 4 – зубчатые колеса; 5 – турбина; 6 – счетный механизм; 7 – корпус; 8 – крыльчатка

не должен превышать эксплуатационный, принимаемый по данным табл. 3.2. Счетчик с принятым диаметром условного прохода проверяется:

1. на пропуск расчетного максимального секундного расхода воды, при этом потери напора в счетчиках воды не должны превышать:
 - для крыльчатых счетчиков – 5,0 м;
 - для турбинных счетчиков – 2,5 м;
2. на пропуск максимального (расчетного) секундного расхода воды с учетом подачи расчетного расхода воды на внутреннее пожаротушение, при этом потери напора в счетчике не должны превышать 10,0 м.

Потери давления в счетчиках определяются по формуле

$$h = S \cdot q^2, \text{ м}, \quad (3.1)$$

где q – расчетный секунднй расход воды, л/с;

S – гидравлическое сопротивление счетчика м/(л·с)². Принимается по данным табл. 3.2.

Крыльчатые водомеры располагаются только в горизонтальном положении, турбинные – как в горизонтальном, так и в вертикальном. Водомеры устанавливают с обводной линией и без нее. Обводную линию предусматривают, если ввод в здание один, а также в случае, если прибор не рассчитан на пропуск расчетного расхода воды на внутреннее пожаротушение. Обводная линия должна быть рассчитана на пропуск максимального (с учетом противопожарного) расхода воды.

Таблица 3.2

Параметры счетчиков воды

Диаметр условного прохода счетчика, мм	Параметры					
	расход воды, м ³ /ч			порог чувствительности, м ³ /ч, не более	максимальный объем воды за сутки, м ³	гидравлическое сопротивление счетчика S, м/(л·с) ²
	минимальный	эксплуатационный	максимальный			
15	0,03	1,2	3	0,015	45	14,5
20	0,05	2	5	0,025	70	5,18
25	0,07	2,8	7	0,035	100	2,64
32	0,1	4	10	0,05	140	1,3
40	0,16	6,4	16	0,08	230	0,5
50	0,3	12	30	0,15	450	0,143
65	1,5	17	70	0,6	610	810·10 ⁻⁵
80	2	36	110	0,7	1300	264·10 ⁻⁵
100	3	65	180	1,2	2350	76,6·10 ⁻⁵
150	4	140	350	1,6	5100	13·10 ⁻⁵
200	6	210	600	3	7600	3,5·10 ⁻⁵
250	15	380	1000	7	13700	1,8·10 ⁻⁵

У каждого водомера, расположенного на вводе, устанавливают следующую арматуру: перед водомером – запорный вентиль или задвижку для отключения внутреннего водопровода; после водомера – тройник со спускным краном, а за тройником – второй вентиль или задвижку. Спускной кран служит для проверки водомера и для выпуска воды из сети водопровода.

Приборы для измерения давления. Давление измеряется манометрами, изготовляемыми двух типов: пружинные и мембранные.

Пружинный манометр работает следующим образом. Когда давление внутри полый трубки пружины, соединенной со штуцером, увеличивается, трубка начинает выправляться и поворачивает вторым запаянным концом с помощью рычага на определенную величину зубчатый сегмент, зубчатое колесо и связанную с ним стрелку манометра. Стрелка на циферблате показывает числовое значение давления.

В мембранном манометре при увеличении давления пластинка-мембрана начинает прогибаться вверх и с помощью стержня поворачивает зубчатый сегмент и зубчатое колесо со стрелкой, показывающей на циферблате давление.

§59. Общие сведения

Системы горячего водоснабжения в зависимости от режима и объема потребления горячей воды для хозяйственно-бытовых нужд в зданиях различного назначения могут быть централизованные или местные.

В системах централизованного горячего водоснабжения воду приготавливают в одном центре, из которого она транспортируется по тепловым сетям к потребителям. При централизованном теплоснабжении вода в системах горячего водоснабжения подогревается в центральных или индивидуальных тепловых пунктах теплоносителем, подаваемым тепловыми сетями.

В зданиях высотой более 50 м систему централизованного горячего водоснабжения разделяют по вертикали на зоны.

Для зданий высотой девять этажей и более трубопроводы водоразборных стояков необходимо закольцовывать поверху перемычками и присоединять их к общему циркуляционному стояку. В душевых с количеством душевых сеток более трех распределительный трубопровод также должен быть закольцован.

Системы горячего водоснабжения прокладывают с нижней разводкой трубопроводов. Верхняя разводка трубопроводов допускается для систем горячего водоснабжения с естественной циркуляцией воды, а также при разделении систем на зоны по вертикали.

В системах централизованного горячего водоснабжения, обслуживающих группу зданий, можно объединять трубопроводы водоразборных и циркуляционных стояков в секционные узлы, а также присоединять группы трубопроводов циркуляционных стояков к циркуляционному трубопроводу в одной точке.

В закрытых системах централизованного горячего водоснабжения в зависимости от качества подпиточной воды предусматриваются мероприятия по защите трубопроводов и водонагревателей от коррозии и накипобразования.

Системы местного горячего водоснабжения устраивают для зданий и сооружений при отсутствии централизованного теплоснабжения, а также для объектов, удаленных от источников централизованного теплоснабжения. Воду в системах местного горячего водоснабжения подогревают в паровых, водяных и газовых водонагревателях.

Температура горячей воды в местах водоразбора должна быть:

- не ниже 60°C – для систем централизованного горячего водоснабжения, присоединяемых к открытым системам водоснабжения;
- не ниже 50°C – для систем централизованного горячего водоснабже-

ния, присоединяемых к закрытым системам теплоснабжения;

- не ниже 60°C – для систем местного горячего водоснабжения.

§60. Схемы систем горячего водоснабжения

Принципиальная схема системы горячего водоснабжения включает в себя установку для нагревания холодной воды до температуры не выше 75°C и сети разводящих трубопроводов. Для этой цели используют скоростные проточные водонагреватели. В таких водонагревателях вода протекает со значительной скоростью через нагревательные трубки, которые в свою очередь подогреваются водой из теплосети, проходящей внутри корпуса водонагревателя и омывающей их.

При приготовлении горячей воды в ЦТП по закрытой схеме используют скоростные водонагреватели ОСТ 34-588-68 (теплоноситель – вода), ОСТ 34-531-68 и ОСТ 34-532-68 (теплоноситель – пар).

Водонагреватели ОСТ 34-588-68 рассчитаны на давление 1,0 МПа и температуру теплоносителя 150°C. Выпускают их отдельными секциями наружным диаметром 57-325 мм с поверхностью нагрева каждой секции от 0,37 м² до 28 м². Требуемая поверхность нагрева водонагревателя комплектуется из однотипных секций, соединяемых между собой калачами. Секция состоит из корпуса с приваренными к ней стальными трубными решетками и пучка латунных трубок диаметром 16 мм. К корпусу приварены патрубки с фланцами для соединения секций в межтрубном пространстве. Горячая вода из теплосети направляется в межтрубное пространство, а нагреваемая вода перемещается по трубкам водонагревателя.

Паровые водонагреватели (ОСТ 34-531-68 и ОСТ 34-532-68) предназначены для подогрева воды паром в системах отопления и горячего водоснабжения. Максимальное рабочее давление пара 1,0 МПа. Водонагреватели выпускают двухходовые (ОСТ 34-531-68) и четырехходовые (ОСТ 34-532-68). Поверхность нагрева – 6,3-224 м². Паровой водонагреватель состоит из корпуса, трубной системы, передней и задней водяных камер. В трубную систему входят стальные решетки и пучок латунных трубок диаметром 16 мм. Нагреваемая вода поступает через нижний патрубок передней входной камеры, проходит по латунным трубкам, подогревается и через верхний патрубок уходит в сеть. Пар, подогревающий воду, поступает в межтрубное пространство.

Нагретая в водонагревателе вода по подающему трубопроводу поступает в систему горячего водоснабжения, из которой потребители используют ее для бытовых и производственных целей. Взятая из системы вода пополняется из водопровода. Для подогрева остывшей в системе воды прокладывается циркуляционный трубопровод, который соединяет систему горячего водоснабжения с водонагревателем.

Чтобы поддерживать постоянный расход воды, поступающей из тепловой сети, устанавливают регулятор расхода, а на трубопроводе, подающем холодную воду в водонагреватель, – водомер, который учитывает расход воды. На узле управления у водонагревателей монтируют задвижки для отключения трубопровода системы горячего водоснабжения и отопления и отдельных частей узла. Давление и температуру воды в отдельных точках узла управления измеряют манометрами и термометрами.

В зависимости от назначения системы горячего водоснабжения выполняют с двухтрубными стояками, один из которых циркуляционный, и однотрубными.

Двухтрубные системы горячего водоснабжения с циркуляционными стояками (рис. 3.5) применяют там, где не допускается остывание воды в трубах, например в многоэтажных жилых домах, гостиницах, больницах и других зданиях.

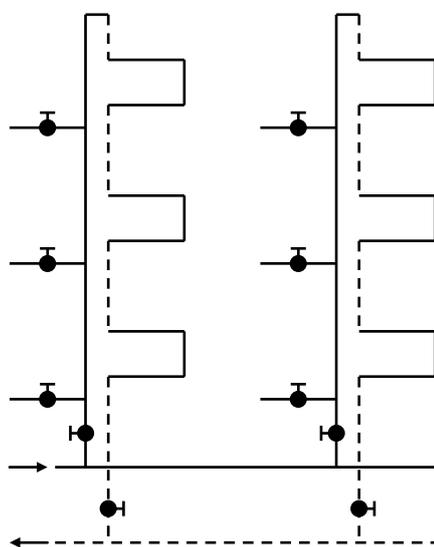


Рис. 3.5. Двухтрубная система горячего водоснабжения с циркуляционными стояками

В однотрубных системах централизованного горячего водоснабжения, используемых в жилых домах (рис. 3.6), стояки в пределах одной секции соединяются между собой вверху, причем все стояки, кроме одного, присоединяются к подающей магистрали, а один холостой стояк – к циркуляционной магистрали. Чтобы обеспечить равномерную циркуляцию воды в системах горячего водоснабжения зданий, присоединяемых к одному центральному тепловому пункту, на холостом стояке устанавливают диафрагму.

Для лучшего водораспределения к отдельным точкам потребления воды, а также в целях сохранения одинаковых диаметров по всей высоте здания в однотрубных системах горячего водоснабжения стояки закольцовывают. При кольцевой схеме для зданий высотой до 5 этажей включительно диаметры стояков принимают 25 мм, а для зданий от 6 этажей и выше – диаметром 32 мм. Температурные удлинения в стояках систем горячего водоснабжения

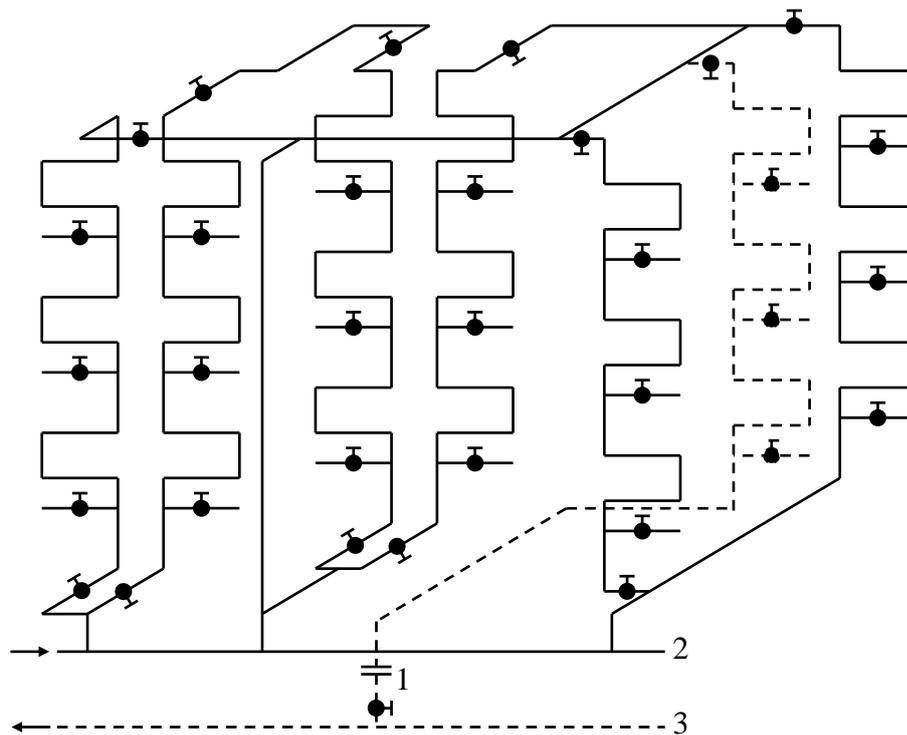


Рис. 3.6. Однотрубная схема горячего водоснабжения:
 1 – диафрагма; 2 – подающая транзитная магистраль; 3 – циркуляционная транзитная магистраль

зданий повышенной этажности компенсируются за счет установки одновитковых полотенцесушителей, а в двухтрубных системах горячего водоснабжения за счет установки на стояках П-образных компенсаторов.

Полотенцесушители из оцинкованных труб присоединяются к системе горячего водоснабжения по проточной схеме. Трубопроводы горячего водоснабжения, в целях предохранения от коррозии, следует выполнять из стальных оцинкованных труб.

Для обеспечения воздухоудаления из системы трубы прокладывают с уклоном к вводу не менее 0,002. В системах с нижней разводкой воздух удаляют через верхний водоразборный кран. При верхней разводке воздух удаляется через автоматические воздухоотводчики, устанавливаемые в верхних точках систем.

Системы горячего водоснабжения при двухтрубных водяных тепловых сетях и открытых системах теплоснабжения присоединяются непосредственно к подающему и обратному трубопроводам, а при закрытых системах теплоснабжения – через водонагреватели.

§61. Внутренняя система канализации

Внутренняя домовая сеть канализации служит для отвода сточных вод от санитарных приборов в наружную сеть. Она состоит из отводных трубопроводов, стояков и выпусков.

К внутренней канализации зданий относятся также:

1. местные насосные установки, применяемые для перекачки сточной жидкости из группы зданий в тех случаях, если сточные воды из-за разности отметок не могут поступать самотеком в канализационный коллектор;
2. местные установки для обработки сточных вод, содержащих большое количество песка, масел, бензина и других веществ;
3. ливневая канализация.

Внутреннюю домовую сеть канализации устраивают из чугунных канализационных раструбных труб и фасонных частей, из пластмассовых и безнапорных асбестоцементных труб.

Отводные линии от одиночных и групповых умывальников, писсуаров, раковин, моек и ванн монтируют из труб диаметром 50 мм, а от унитазов – 100 мм. Отводные линии прокладывают над полом, в перекрытии или под потолком. Вид прокладки зависит от типа санитарного прибора, места его установки и возможности сохранения требуемого уклона.

Длина отводных линий, прокладываемых в междуэтажных перекрытиях, не должна превышать 10 м. Для труб подвесных и прокладываемых открыто над полом допускается большая длина при условии сохранения заданного уклона и возможности их прочистки. Прокладывать подвесные линии под потолком не следует.

Отводные трубопроводы должны быть таких же диаметров, как и отводные линии у санитарных приборов. Если отводная линия вначале имеет диаметр 50 мм, а затем по пути принимает сток от унитаза, то от этой точки диаметр ее должен быть 100 мм. Отводные линии присоединяют к стоякам с помощью косых тройников и крестовин под углом 45° и 60°, а также прямых тройников и крестовин под углом 90° с плавными отводами.

Повороты на отводных линиях допускаются под углом не менее 90°. Для устройства плавных поворотов с большим радиусом закругления ставят один за другим два отвода по 135°.

Стояки на всем протяжении должны иметь одинаковый диаметр (50 или 100 мм). Диаметр вытяжной части канализационного стояка равен сточной части стояка. Вытяжную часть нескольких стояков можно объединять, при этом диаметр сборного вентиляционного трубопровода составляет при

Местная очистка сточных вод. Сточные воды, выходящие из некоторых промышленных предприятий, гаражей, предприятий общественного питания, перед выпуском в городскую канализационную сеть проходят местную очистку в решетках, ситах, песколовках, грязеотстойниках, бензоуловителях, жируловителях и т.д.

Песколовки задерживают песок, не пропуская его в сеть канализации. Песколовка представляет собой отстойную камеру, через которую сточные воды проходят со скоростью 0,1-0,3 м/с в зависимости от крупности песка. Время нахождения сточных вод в песколовке равно 30 с.

Жируловители устраивают при наличии в сточных водах жира. Принцип действия жируловителей основан на том, что жир всплывает вверх, откуда его удаляют. Вместимость жируловителей должна быть не менее 50 л; для жируловителей вместимостью более 300 л предусматривается продувка воздухом. Скорость сточных вод в жируловителях принимают 0,005 м/с при пребывании в нем не менее 10-15 мин.

Бензоуловители служат для очистки сточных вод загрязненных горючими жидкостями (бензином, керосином, нефтью и др.). Бензоуловитель представляет собой металлический резервуар, состоящий из двух отделений. В первом отделении горючие вещества всплывают вверх и задерживаются на поверхности, во втором происходит движение сточной жидкости. Скорость сточных вод в бензоуловителях принимают 0,005-0,01 м/с и время протока 4-5 мин. Сточные воды, поступающие в бензоуловители, предварительно очищают в грязеотстойниках, в которых скорость сточных вод 0,003-0,005 м/с при протоке в нем в течение 10-15 мин.

§62. Устройство санитарно-технического оборудования

Приемники сточных вод изготовляют из прочных водонепроницаемых материалов, не поддающихся химическому воздействию сточных вод. Рабочая поверхность санитарных приборов, изготовляемых из чугуна, должна быть покрыта эмалью, а нерабочая – водостойчивой краской. Санитарные приборы, изготовляемые из стали (кроме нержавеющей), покрываются эмалью с двух сторон.

Унитазы и напольные чаши. Керамические унитазы изготовляют из фаянса, полуфарфора и фарфора. По конструкции чаши выпускают тарельчатые, козырьковые и воронкообразные унитазы. В зависимости от присоединительного выпуска унитазы бывают с прямым и косым (под углом 60°) выпусками. По расположению смывного бачка унитазы бывают с высокорасположенным смывным бачком и с бачком, расположенным непосредственно на унитазе.

Унитазы выпускают следующих типов:

- унитаз тарельчатый с косым выпуском с цельноотлитой полочкой;
- унитаз тарельчатый с прямым выпуском с цельноотлитой полочкой;

- унитаз тарельчатый с косым выпуском без цельноотлитой полочки, в том числе детский;
- унитаз тарельчатый с прямым выпуском без цельноотлитой полочки, в том числе детский высотой 360 мм;
- унитаз козырьковый с косым выпуском с цельноотлитой полочкой;
- унитаз козырьковый с косым выпуском без цельноотлитой полочки;
- унитаз воронкообразный с прямым выпуском с цельноотлитой полочкой;
- унитаз воронкообразный с косым выпуском с цельноотлитой полочкой;
- унитаз воронкообразный с прямым выпуском без цельноотлитой полочки;
- унитаз воронкообразный с косым выпуском без цельноотлитой полочки.

Унитазы имеют гидравлический затвор, который препятствует поступлению воздуха из канализационной сети в помещение.

Тарельчатые унитазы с прямым и косым выпусками представляют собой прибор, состоящий из чаши, водораспределительного желоба, гидравлического затвора (сифона) с выпуском. В настоящее время широко применяют унитазы «Компакт» с низкорасполагаемыми смывными бачками, закрепленными на полочке унитаза. Унитазы «Компакт» гигиеничны; монтаж их проще, чем монтаж унитазов с высокорасполагаемым бачком.

В уборных общего пользования устанавливают напольные чаши меньшей высоты, чем унитазы. Такие чаши поставляют в комплекте с сифоном диаметром 100 мм, который помещают под прибором. Сифоны под чаши бывают двухоборотные и косые. Для прочистки в сифоне имеется отверстие, закрываемое пробкой.

Унитазы и клозетные чаши промывают с помощью смывных бачков, которые бывают низкорасполагаемыми, среднерасполагаемыми и высокорасполагаемыми, и кранов.

Смывные краны служат для промывки унитазов и уборных общественного пользования и в зданиях специального назначения. В настоящее время используют полуавтоматические краны КР-141, с помощью которых можно регулировать количество протекающей воды, что позволяет использовать их на унитазах разных типов. Чтобы обеспечить надежную промывку унитаза, диаметр подводящих труб должен быть равен 25 мм, а давление в водопроводной сети при открытом кране – не менее 0,08 МПа. Давление воды в системе перед краном не должно превышать 0,6 МПа. Смывной кран, соединенный с водопроводом через угловой запорный вентиль, устанавливают на высоте 0,8 м над уровнем пола.

Смывной бачок должен заполняться водой до отметки полезного объема (полезный объем не менее 6,0 л) в течение не более 150 с после предыдущего спуска при давлениях в водопроводной сети 0,05-1,0 МПа. Низко-, средне- и высокорасполагаемые бачки присоединяют к унитазу смывной

трубой, наружный диаметр которой должен быть не более 50 мм. Типы бачков должны соответствовать указанным в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Типы смывных бачков

Тип бачка	Высота установки (от уровня пола до днища бачка), мм	Присоединение наполнительной арматуры к корпусу бачка
БУ – бачок смывной, непосредственно устанавливаемый на унитазе	определяется высотой унитаза	боковое или нижнее
БН – бачок смывной низкорасполагаемый	до 650	боковое или нижнее
БС – бачок смывной среднерасполагаемый	от 650 до 900	боковое или нижнее
БВ – бачок смывной высокорасполагаемый	от 900 до 1900	боковое

Смывные бачки и краны должны иметь устройство, предотвращающее возможность попадания в водопроводную сеть сточных вод путем обратного засасывания воды при образовании вакуума в водопроводной сети.

Писсуары. *Настенные писсуары* изготавливают из фарфора, фаянса и полуфарфора. Писсуары изготавливают без цельноотлитого керамического сифона и с цельнолитым керамическим сифоном.

В верхней части писсуаров расположен смывной патрубок, на который устанавливают писсуарный кран, присоединяемый к водопроводу. Смывной патрубок соединен с водораспределительным каналом, через который поступает вода, обмывающая заднюю и боковые стенки писсуара. Внизу писсуара находится выпускной патрубок, которым он присоединяется к отводной канализационной линии.

Напольные писсуары состоят из одной или нескольких секций, которые устанавливают вдоль стены в ряд. Размеры каждой секции: ширина 600-700 мм, глубина 345 мм, высота 1050 мм.

Напольные писсуары изготавливают из шамотного фаянса с глазурованной поверхностью. Низ напольного писсуара устанавливают на 115 мм ниже уровня пола. Каждая секция промывается автоматически через определенные промежутки времени. Вода в них поступает через металлические водораспределители или внутренние каналы, соединенные трубопроводом со смывным бачком. В каждой секции имеется выпуск с гидравлическим затвором.

Трапы служат для приема воды в помещениях, где сток производится непосредственно на пол (душевые, баня, прачечные), или в помещениях, где необходима промывка полов (групповые уборные, производственные помещения). Трапы изготавливают чугунные с прямым выпуском диаметром 50-100 мм. Трапы имеют гидравлический затвор. Верх трапа закрыт чугунной решеткой, которая не должна качаться под действием нагрузки, приложенной

в любой точке ее наружной поверхности. Решетку следует устанавливать заподлицо с поверхностью бортов корпуса трапа.

Кроме указанных применяют банные трапы без гидравлического затвора, которые устанавливают в полу бань или в помещениях, где на пол выливают много воды. К этим трапам присоединяют сифоны.

Сифоны – гидравлические затворы, которые препятствуют проникновению газов из сети канализации в помещение. Сифоны устанавливают под санитарными приборами, не имеющими внутренних гидравлических затворов, например под умывальниками, раковинами мойками, ваннами и писсуарами.

В зависимости от конструкции сифоны подразделяются на бутылочные и двухоборотные, имеющие высоту водяного затвора 70 мм. В бутылочных сифонах водяной затвор образуется в корпусе сифона, в двухоборотных – в изгибе корпуса. Сифоны изготавливают чугунные, стальные, никелированные и пластмассовые.

Бутылочные никелированные и пластмассовые сифоны устанавливают под индивидуальные умывальники. Прочищают такие сифоны путем отворачивания отстойников, поэтому ревизии после них не устанавливают. Двухоборотный пластмассовый сифон устанавливают также под умывальником. Прочищают такой сифон путем отвинчивания накидной гайки. Двухоборотный чугунный сифон-ревизию, в котором объединены гидравлический затвор и ревизия, располагают под раковиной и мойкой. Сверху сифона имеется отверстие для прочистки, плотно закрываемое крышкой, под которую помещают резиновую прокладку, уплотняемую стягиванием болтов.

Эмалированные ванны поставляют в комплекте с четырьмя чугунными ножками и креплениями для них, выпуском, переливом, сифоном и переливной трубой. Высота ножек должна быть такой, чтобы расстояние от нижней кромки отверстия для выпуска до пола составляло не менее 145 мм. Ванны всех типов должны иметь два прилива для присоединения уравнивателя электрических потенциалов между корпусом ванны и металлической водопроводной трубой для холодной воды.

Перелив ванны состоит из чугунного отвода, уширенного со стороны входа воды. Перелив укрепляют на стенке ванны крышкой с отверстиями, которую наворачивают на резьбу выступающей части отвода. Между стенкой ванны, шайбой и переливом помещают резиновые прокладки. Перелив соединяют с сифоном переливным трубопроводом.

Выпуск из латуни, пластмассы или алюминиевого сплава состоит из корпуса, который вставляют в отверстие днища диаметром 52 мм на резиновых прокладках и ввертывают резьбовой частью в сифон. Отверстие выпуска закрывают пробкой, которую прикрепляют цепочкой к кольцу на крышке выпуска.

Напольный сифон состоит из чугунного тройника, чугунного корпуса U-образной формы, соединительного чугунного патрубка и накидной гайки.

В нижней части сифона находятся два отверстия для прочистки, закрываемые пробками.

В настоящее время для широко применяют пластмассовые напольные сифоны и комплекте с выпуском и переливом.

Типы и основные размеры чугунных ванн должны соответствовать указанным в табл. 3.4. Внутренняя поверхность ванны и наружная поверхность бортов покрыта белой эмалью. Наружные неэмалированные поверхности ванны покрыты водоустойчивой краской.

Типы стальных ванн и их основные размеры приведены в табл. 3.5.

Таблица 3.4

Типы чугунных эмалированных ванн

Тип ванн	Размеры, мм			
	длина	ширина	глубина	высота
ВЧ-1500	1500	700	не менее 400	не более 630
ВЧ-1600	1600	700	не менее 400	не более 630
ВЧ-1700	1700	750	не менее 400	не более 630
ВЧП-1700 (с подлокотниками)	1700	750	не менее 400	не более 630

Таблица 3.5

Типы стальных эмалированных ванн

Тип ванн	Размеры, мм			
	длина	ширина	глубина	высота
ВСт-1500	1500	700	не менее 380	не более 600
ВСт-1600	1600	700	не менее 380	не более 600
ВСт-1700	1700	750	не менее 380	не более 600

Душевые эмалированные поддоны изготавливают двух типов: мелкий М – для установки в санитарно-бытовых помещениях общественных и производственных зданий; глубокий Г – для установки в санитарно-бытовых помещениях жилых зданий. Душевые поддоны обоих типов имеют приливы для присоединения уравнивателя электрических потенциалов между корпусом поддона и металлической водопроводной трубой, подводящей холодную воду. Мелкие поддоны поставляют в комплекте с сифоном, выпуском и уравнивателем электрических потенциалов, а глубокие поддоны, кроме перечисленного, комплектуют переливом и переливной трубой.

Основные размеры чугунных поддонов приведены в табл. 3.6, стальных поддонов – в табл. 3.7.

Таблица 3.6

Типы чугунных эмалированных поддонов

Тип ванн	Размеры, мм			
	длина	ширина	глубина	высота
ПДЧм-800	800	800	не менее 150	не более 350
ПДЧма-800	800	800	не менее 150	не более 350
ПДЧг-800	800	800	не менее 350	не более 550

Таблица 3.7

Типы стальных эмалированных поддонов

Тип ванн	Размеры, мм			
	длина	ширина	глубина	высота
ПДСм-800	800	800	не менее 130	не более 315
ПДСм-900	900	900	не менее 130	не более 315
ПДСг-800	800	800	не менее 280	не более 445

Умывальники. В жилых и общественных зданиях устанавливают индивидуальные умывальники. В общежитиях, в помещениях производственных и других зданий размещают индивидуальные умывальники по несколько штук в ряд и групповые круглые умывальники.

Умывальники выпускают следующих типов:

- полукруглые, овальные, прямоугольные, трапециевидные со спинкой или без спинки;
- угловые со спинкой или без спинки и с переливом или без перелива, со срезанным углом.

Изготавливают умывальники из фаянса, фарфора и полуфарфора. Все умывальники имеют сзади горизонтальную полочку, на которой размещается туалетная и смесительная арматура. В сливное отверстие умывальника вставляется выпуск из бронзы или пластмассы диаметром 52 мм, который соединяется с сифоном. Допускается установка одного сифона от группы умывальников (не более шести) в одном помещении. Присоединять два умывальника, расположенных в разных помещениях с двух сторон стены, к одному общему сифону не разрешается.

Основные размеры полукруглых, овальных, прямоугольных и трапециевидных умывальников приведены в табл. 3.8.

Таблица 3.8

Типы умывальников

Величина умывальника	Размеры, мм		
	длина	ширина	глубина
1-я	400-500	300	135
2-я	550	420	150
3-я	600	450	150
4-я	650	500	150
5-я	700	600	150

Керамический рукомойник устанавливают в туалетной комнате санитарно-технического узла раздельного типа. Керамическая опора рукомойника обеспечивает хорошую устойчивость. Размеры рукомойника в плане 480×325 мм; его поставляют в комплекте с сифоном, латунным выпуском и туалетным краном.

Стальные эмалированные раковины с отъемной спинкой устанавливают в жилых и общественных зданиях. Раковины выпускают двух типов: с одним отверстием для установки водоразборного крана и двумя отверстиями

для установки смесителя или двух кранов для горячей и холодной воды.

Основные размеры стальных раковин приведены в табл. 3.9.

Таблица 3.9

Типы стальных раковин

Типы раковин	Размеры, мм			
	длина	ширина	глубина	высота
PCB-1	500	400	не менее 145	не более 520
PCB-2	500	400	не менее 145	не более 520

Чугунные эмалированные мойки изготавливают трех типов: на одно отделение МЧ – для установки на подстолье; с поддоном МЧп; на два отделения МЧ-2 – для установки на стальном шкафчике или подстолье. Основные размеры чугунных моек приведены в табл. 3.10.

Таблица 3.10

Типы чугунных эмалированных моек

Тип ванн	Размеры, мм		
	длина	ширина	глубина
МЧ	500	600	не менее 140
МЧп	800	600	не менее 140
МЧ-2	800	600	не менее 140

В состав комплекта моек МЧ и МЧп входят: чугунный или пластмассовый сифон-ревизия, латунный или пластмассовый выпуск и смеситель для мойки. Мойка МЧ-2 комплектуется: чугунным сифоном-ревизией, двумя латунными выпусками, смесителем, соединительным трубопроводом и стальным шкафчиком.

Мойки, встраиваемые в кухонный стол, не имеют спинок, а мойки, устанавливаемые на стене, а также со стальным шкафчиком имеют спинку. В дне мойки проделаны отверстия для выпусков. Выпуск снабжен решеткой и пробкой.

Для предохранения от возможного попадания сточной жидкости (в случае засорения системы канализации) мойки, устанавливаемые в общественных столовых, в кухнях и групповых помещениях детских учреждений и школ, в продовольственных магазинах, должны иметь между выпуском и сифоном воздушный разрыв 20-30 мм.

Стальные эмалированные мойки изготавливают следующих типов:

- МСУ – мойка стальная эмалированная унифицированная с одной чашей;
- МСУП – мойка стальная эмалированная унифицированная с одной чашей со сливной полкой;
- МСУ-2 – мойка стальная эмалированная унифицированная с двумя чашами;
- МСВ – мойка стальная эмалированная с одной чашей, встраиваемая;
- МСВП – мойка стальная эмалированная с одной чашей со сливной полкой, встраиваемая;

- МСВ-2 – мойка стальная эмалированная с двумя чашами, встраиваемая.

Конструкция моек типов МСУ, МСУП и МСУ-2 предусматривает возможность их установки как на кронштейнах, так и на подстолье.

Основные размеры стальных моек приведены в табл. 3.11.

Таблица 3.11

Типы стальных эмалированных моек

Тип ванн	Размеры, мм		
	длина	ширина	глубина
МСУ	500	600	не менее 160
МСУП	800	600	не менее 160
МСУ-2	800	600	не менее 160
МСВ	450	505	не менее 160
МСВП	750	520	не менее 160
МСВ-2	750	520	не менее 160

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Н.Н. Водоснабжение: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1982. – 440 с.
2. Внутренние санитарно-технические устройства: Справочник проектировщика. В 3 ч. Ч. 2. Водопровод и канализация / Ю.Н. Саргин, Л.И. Друскин, И.Б. Покровская и др.; Под ред. И.Г. Староверова и Ю.И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990. – 247 с.
3. Внутренние системы водоснабжения и водоотведения. Проектирование: Справочник / Тугай А.М., Ивченко В.Д., Кулик В.И. и др.; Под ред. А.М. Тугая. – Киев: Будівельник, 1982. – 256 с.
4. Грингауз Ф.И. Санитарно-технические работы: Учебник для сред. проф.-техн. училищ. – 8-е изд., перераб. И доп. – М.: Высш. школа, 1979. – 429 с.
5. Зацепина М.В. Курсовое и дипломное проектирование водопроводных и канализационных сетей и сооружений: Учеб. Пособие для техникумов. – Л.: Стройиздат, 1981. – 176 с.
6. Курганов А.М., Федоров Н.Ф. Гидравлические расчеты систем водоснабжения и водоотведения: Справочник. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Стройиздат. Ленинградское отд-ние, 1986. – 440 с.
7. Курсовое и дипломное проектирование по гидротехническим сооружениям / Под ред. В.С. Лапшенкова. – М.: Агропромиздат, 1989. – 448 с.
8. Ласков Ю.М., Воронов Ю.В., Калицун В.И. Примеры расчета канализационных сооружений: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. школа, 1981. – 232 с.
9. Москвитин Б.А., Мирончик Г.М., Москвитин А.С. Оборудование водопроводных и канализационных сооружений: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1984. – 192 с.
10. Рождов И.Н. Методические указания к курсовому проекту по водоотводящим сетям / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 1999. – 24 с.
11. СанПиН 2.1.4.559-96. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
12. СанПиН 2.1.4.544-96. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников.

13. СНиП II-89-80 (1994). Генеральные планы промышленных предприятий.
14. СНиП 2.04.01-85 (2000). Внутренний водопровод и канализация зданий.
15. СНиП 2.04.02-84 (с изм. 1986, попр. 2000). Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.
16. СНиП 2.04.03-85 (с изм. 1986). Канализация. Наружные сети и сооружения.
17. СНиП 2.06.03-85. Мелиоративные системы и сооружения.
18. СНиП 2.08.02-89 (1999). Общественные здания и сооружения.
19. СНиП 2.09.02-85 (1991, с изм. 1994). Производственные здания.
20. Суржко О.А., Рождова О.С. Методические указания к курсовому и дипломному проектам по водопроводным сетям. – Новочеркасск, изд. НПИ, 1987. – 26 с.
21. Тугай А.М., Терновцев В.Е. Водоснабжение. Курсовое проектирование: Учеб. Пособие для вузов. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1980. – 208 с.
22. Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности / Совет Экон. Взаимопомощи. ВНИИ водоснабжения, канализации, гидротехн. сооружений и инж. гидрогеологии. – 2-е изд., перераб. – М.: Стройиздат, 1982. – 528 с.
23. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю.М., Воронов Ю.В. Водоотводящие системы промышленных предприятий: Учебник для вузов – М.: Стройиздат, 1990. – 511 с.
24. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Жуков А.И., Колобанов С.К. Канализация: Учебник для вузов. Изд. 5-е, перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1975. – 632 с.
25. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю.М., Воронов Ю.В. Очистка производственных сточных вод: Учеб. пособие. – М.: Стройиздат, 1979. – 320 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Раздел первый. Водоснабжение	
<i>Глава I.</i> Водопотребление	8
§1. Основные виды потребления воды	8
§2. Расчет расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды населения	9
§3. Расчет расхода воды на благоустройство	12
§4. Расчет расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды промышленных предприятий	12
§5. Расчет расхода воды на технологические нужды промышленных предприятий	14
§6. Расчет расхода воды на пожаротушение	14
<i>Глава II.</i> Источники водоснабжения	25
§7. Водное законодательство	25
§8. Классификация источников водоснабжения и их краткая характеристика	26
§9. Выбор источника водоснабжения и предъявляемые к ним требования	28
<i>Глава III.</i> Системы водоснабжения	31
§10. Основные элементы систем водоснабжения	31
§11. Классификация систем водоснабжения	34
§12. Обоснование выбора системы водоснабжения для различных категорий потребителей	35
§13. Групповые и районные системы водоснабжения	37
§14. Режим работы систем водоснабжения и их отдельных сооружений	38
<i>Глава IV.</i> Водозаборные сооружения	43
§15. Сооружения для забора воды из поверхностных источников	43
§16. Сооружения для забора воды из подземных источников	54
<i>Глава V.</i> Обработка воды	59
§17. Гигиенические требования к качеству воды централизованного водоснабжения	59

§18.	Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения	64
§19.	Основные функции очистных сооружений и процессы обработки воды	64
§20.	Принципиальная схема комплекса очистных сооружений	66
<i>Глава VI.</i>	<i>Системы подачи и распределения воды</i>	<i>70</i>
§21.	Основные требования, предъявляемые к водопроводным сетям. Типы и расчет сетей	70
§22.	Зонирование систем водоснабжения	79
§23.	Основные виды систем транспортирования воды на территорию снабжаемого объекта	81
§24.	Системы напорных водоводов	82
§25.	Безнапорные водопроводные каналы	85
§26.	Конструкции водопроводных сетей	88
§27.	Арматура и сооружения на сети	96
<i>Глава VII.</i>	<i>Регулирующие и запасные емкости</i>	<i>102</i>
§28.	Классификация емкостей	102
§29.	Общие сведения об устройстве и оборудовании емкостей	103
§30.	Водонапорные башни	104
§31.	Водонапорные колонны	107
§32.	Резервуары	108
§33.	Пневматические водонапорные установки	109
<i>Глава VIII.</i>	<i>Водоснабжение промышленных предприятий</i>	<i>111</i>
§34.	Особенности систем производственного водоснабжения	111
§35.	Требования к качеству воды в системах производственного водоснабжения и методы его обеспечения	113
§36.	Водоснабжения предприятий строительной индустрии и требования к качеству воды на них	121
§37.	Охлаждающие устройства систем оборотного водоснабжения	126
§38.	Потери воды в охладителях	132
 Раздел второй. Водоотведение		
<i>Глава IX.</i>	<i>Системы и схемы канализации</i>	<i>134</i>
§39.	Классификация сточных вод и систем канализации	134
§40.	Схемы канализации	137
§41.	Выбор системы и разработка схемы канализации	140
§42.	Расчетные расходы сточных вод	145
<i>Глава X.</i>	<i>Канализационные сети и сооружения на них</i>	<i>156</i>
§43.	Проектирование наружной канализационной сети	156

§44. Конструкции канализационных сетей	157
§45. Сооружения на канализационной сети	164
<i>Глава XI. Перекачка сточных вод</i>	167
§46. Главные и районные насосные станции	167
§47. Перекачка малых объемов сточных вод. Перекачка дождевых вод	169
<i>Глава XII. Очистка сточных вод</i>	170
§48. Состав сточных вод	170
§49. Расчет необходимой степени очистки сточных вод	172
§50. Методы очистки сточных вод	175
§51. Схемы очистных станций	179
<i>Глава XIII. Канализование промышленных предприятий</i>	185
§52. Схемы канализации промышленных предприятий	185
§53. Очистка производственных сточных вод	187
§54. Канализация предприятий строительной индустрии и характеристика сточных вод	191
 Раздел третий. Санитарно-техническое оборудование зданий	
<i>Глава XIV. Внутреннее водоснабжение</i>	198
§55. Внутренний водопровод зданий	198
§56. Противопожарные устройства	201
§57. Водоразборная, запорная, предохранительная и регулирующая арматура	203
§58. Приборы для измерения расхода воды и давления	205
<i>Глава XV. Горячее водоснабжение</i>	208
§59. Общие сведения	208
§60. Схемы систем горячего водоснабжения	209
<i>Глава XVI. Внутреннее домовое водоотведение</i>	212
§61. Внутренняя система канализация	212
§62. Устройство санитарно-технического оборудования	214
Рекомендуемая литература	222