

Данный файл представлен исключительно в ознакомительных целях.

Уважаемый читатель!

Если вы скопируете данный файл,
Вы должны незамедлительно удалить его сразу после ознакомления с содержанием.
Копируя и сохраняя его Вы принимаете на себя всю ответственность, согласно действующему международному законодательству .
Все авторские права на данный файл сохраняются за правообладателем.
Любое коммерческое и иное использование кроме предварительного ознакомления запрещено.

Публикация данного документа не преследует никакой коммерческой выгоды. Но такие документы способствуют быстрейшему профессиональному и духовному росту читателей и являются рекламой бумажных изданий таких документов.

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального
образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Институт открытого дистанционного образования

С.П. Романов,
М.О. Жакевич

Водоснабжение
и
водоотведение

**Утверждено редакционно-издательским
советом университета в качестве
учебного пособия**

Нижний Новгород - 2005

ББК 38.761.1
В 62

Романов С.П., Жакевич М.О. Водоснабжение и водоотведение: Учебное пособие. – Н.Новгород: Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т, 2005. – 119 с.
ISBN 5-87941-371-3

В учебном пособии изложены основные сведения о важнейших составляющих инженерного оборудования зданий – системах водоснабжения и водоотведения, приведены справочные и нормативные материалы для курсового проектирования. Систематизированы материалы по расчету, проектированию, конструированию санитарно-технического оборудования объектов. Изложены теоретические и практические рекомендации, необходимые для решения инженерных задач по созданию этих систем и подбору оборудования, дающие возможность использования материала в дистанционном процессе обучения.

ББК 38.761.1

ISBN 5-87941-371-3

© Романов С.П., 2005,
© Жакевич М.О., 2005
© ННГАСУ, 2005

ВВЕДЕНИЕ

Проблема водоснабжения и, в особенности, питьевого затрагивает очень многие стороны жизни человеческого общества в течение всей истории его существования. В настоящее время питьевая вода – это проблема социальная, политическая, медицинская, экономическая, а также инженерная и экологическая.

Проектирование, строительство и реконструкция объектов городов, населенных пунктов, промышленных предприятий, а также жилищно-промышленных комплексов регионального масштаба должны соответствовать положениям законов Российской Федерации «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» и «Об охране окружающей природной среды», требующих исключения влияния вредных факторов на здоровье и санитарно-бытовые условия жизни населения. Состояние окружающей среды определяет одну из наиболее острых социальных проблем, прямо или косвенно затрагивающих интересы каждого человека. Острота данной проблемы в значительной степени зависит от состояния инженерной инфраструктуры, в первую очередь сетей водоснабжения и водоотведения, играющих важную роль в функциональном жизнеобеспечении населенных мест.

В настоящее время системы централизованного водоснабжения, охватывающие около 97 % городского и 61 % сельского населения страны, далеко не везде подают доброкачественную питьевую воду.

Практически все поверхностные источники водоснабжения в последние годы подверглись существенному воздействию вредных антропогенных факторов. Поэтому около половины населения России вынуждено использовать для питьевых целей воду, не отвечающую по ряду показателей гигиеническим требованиям, в связи с этим в ряде городов и регионов складывается напряженная ситуация с водообеспечением.

Основными причинами сложившегося положения, помимо загрязнения водоисточников, является неудовлетворительное санитарно-гигиеническое состояние и повышенный износ систем централизованного водоснабжения – водоочистных сооружений, водопроводных сетей и оборудования на них.

Особенно тяжелое положение сложилось с техническим состоянием действующих сетей водоснабжения Российской Федерации; их износ превышает 50 % и нарастает с каждым годом – около половины всех водопроводных сетей требуют полной замены. Аварийность на сетях вызывает не только потери воды (15... 25 %) и снижение производства промышленной продукции, но и наносит значительный экономический ущерб. В ряде случаев нарушение санитарного режима населенных пунктов приводит к возникновению вспышек инфекционных заболеваний, в некоторых крупных городах России вода подается только по жесткому графику.

Ежегодно на водоотводящих сетях происходит около 100 тыс. технологических нарушений (прорывы, засоры, затопления). Систематическая и аварийная утечка загрязненных и токсичных сточных вод, помимо значительных эксплуатационных затрат, вызывает заражение подземных

горизонтов. В районах крупных промышленных предприятий, а также сельскохозяйственных объектов на территории России выявлено около 500 очагов с загрязнением подземных вод сточными водами, в том числе в районах около 70 действующих водозаборов питьевой воды. Наиболее крупные очаги загрязнений выявлены в Московской области, в районах городов Тула, Пермь, Волгоград, Магнитогорск, Кемерово, а также Казанском, Нижегородском и Уфимском промышленных регионах.

В условиях современной России, переживающей сложный период коренных социально-политических и экономических преобразований, от инженера, работающего в сфере коммунального водопользования, помимо четкой гражданской позиции и экологической культуры, требуются профессиональные знания, позволяющие грамотно и оперативно решать неординарные технические задачи. Неординарность задач определяется масштабностью отрасли, а также дефицитом времени и средств для их решения.

При составлении пособия авторы исходили из того, что в работе должны быть приведены основные материалы по расчетам и конструкциям, исключающие необходимость использования дополнительной справочно-нормативной литературы. Вместе с тем данное пособие не заменяет известные учебники и учебные пособия по соответствующим разделам водоснабжения и водоотведения, рассчитанные на систематическое и полное изложение учебных курсов. По характеру излагаемого материала данное пособие рассчитано на студентов дневной, заочной и дистанционной форм обучения, включая специалистов широкого профиля, имеющих начальную подготовку в данной области. Из-за ограниченности объема в работе не освещены вопросы экономики, автоматизации систем водоснабжения и водоотведения; вопросы эксплуатации систем рассмотрены в самой краткой форме.

1. СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

1.1. Классификация систем водоснабжения

Системы водоснабжения представляют собой комплекс инженерных сооружений и коммуникаций, предназначенных для снабжения потребителей водой в необходимых количествах, нормативного качества и под требуемым напором. Системы состоят из сооружений для забора воды из источника водоснабжения, ее обработки, хранения и подачи потребителю. В зависимости от вида обслуживаемого объекта системы водоснабжения подразделяются на **городские, промышленные, сельскохозяйственные** и др.

В зависимости от назначения системы водоснабжения выполняют функции **хозяйственно-питьевых, производственных, противопожарных, поливочных** водопроводов. Степень объединения функций, выполняемых водопроводами, определяется исходя из технико-экономических соображений. Системы водоснабжения могут быть **объединенными, неполно раздельными и раздельными**.

Объединенные системы – это водопроводы, выполняющие одновременно хозяйственно-питьевые, производственные и противопожарные функции. Такие водопроводы устраивают в городах, поселках и на предприятиях, на технологические нужды которых требуется вода питьевого качества, а также на предприятиях, не требующих воды питьевого качества, если экономически нецелесообразно устраивать самостоятельный производственный водопровод. Возможность объединения противопожарного водопровода с хозяйственно-питьевым или производственным водопроводом зависит от особенностей технологических процессов предприятий и количества воды, требующегося на нужды пожаротушения. Как правило, противопожарный водопровод объединяют с хозяйственно-питьевым, имеющим большую разветвленность.

Раздельную систему водоснабжения, предусматривающую наличие самостоятельных хозяйственно-питьевого, противопожарного и производственного водопроводов, устраивают довольно редко. Это оправданно в том случае, когда по технологическим соображениям производственный и противопожарный водопроводы объединить нельзя, а объединение противопожарного и хозяйственно-питьевого – экономически нецелесообразно.

Самостоятельные **поливочные** водопроводы устраивают чрезвычайно редко. Как правило, их функцию выполняют хозяйственно-питьевые водопроводы или производственные – при наличии разрешения санитарных органов.



Рис. 1. Классификация систем водоснабжения

В зависимости от способов транспортирования воды системы водоснабжения подразделяются на **напорные** и **безнапорные**.

В зависимости от **вида источника** водоснабжения системы подразделяются на водопроводы, забирающие воду из поверхностных или из подземных источников. Бывают смешанные системы, предусматривающие забор воды как из поверхностных, так и из подземных источников.

По надежности подачи воды объединенные системы населенных пунктов при числе жителей в них более 50 тыс. чел. относят к I категории; от 5 до 50 тыс. чел. – ко II категории; менее 5 тыс. чел. – к III категории.

1.2. Схемы и основные элементы систем водоснабжения

Схема водоснабжения городов и населенных пунктов определяется видом источника водоснабжения, качеством воды в нем, рельефом местности, режимом водопотребления. В общем случае система водоснабжения (рис. 2.) включает следующие элементы:

- **водозаборные сооружения**, зависящие от характера источника водоснабжения. При открытых источниках (рис. 2, а) забор воды осуществляется береговыми и русловыми водоприемниками, имеющими разнообразные конструкции. Забор подземных вод (рис. 2, б) осуществляется путем устройства различного рода колодцев, скважин, подземных водосборных галерей и т.п.;

- **сооружения для подъема и перекачки воды – насосные станции**. В общем случае, когда вода из источника подвергается очистке, она перекачивается на очистные сооружения насосной станцией I подъема (НС-I), а после очистки подается потребителям насосной станцией II подъема (НС-II);

- **сооружения для очистки воды** – необходимы для доведения исходного качества воды до требований, предъявляемых к ней потребителями;

- **резервуары чистой воды** – предназначены для сглаживания неравномерности режима работы насосных станций I и II подъема, а также хранения противопожарных и аварийных объемов воды;

- **сооружения для транспортирования воды к местам ее распределения – водоводы**, представляют собой систему трубопроводов, по которым вода подается к городу или промышленному предприятию;

- **сооружения для хранения и аккумуляирования воды – водонапорные башни**, которые выполняют ту же роль, что и резервуар чистой воды, из-за несовпадения работы насосной станции II подъема и режима водопотребления;

- **сооружения для распределения воды по территории объекта и раздачи ее потребителям – водопроводная сеть**. Сеть – это система трубопроводов, уложенных по улицам и подающих воду к отдельным кварталам, домам и предприятиям.

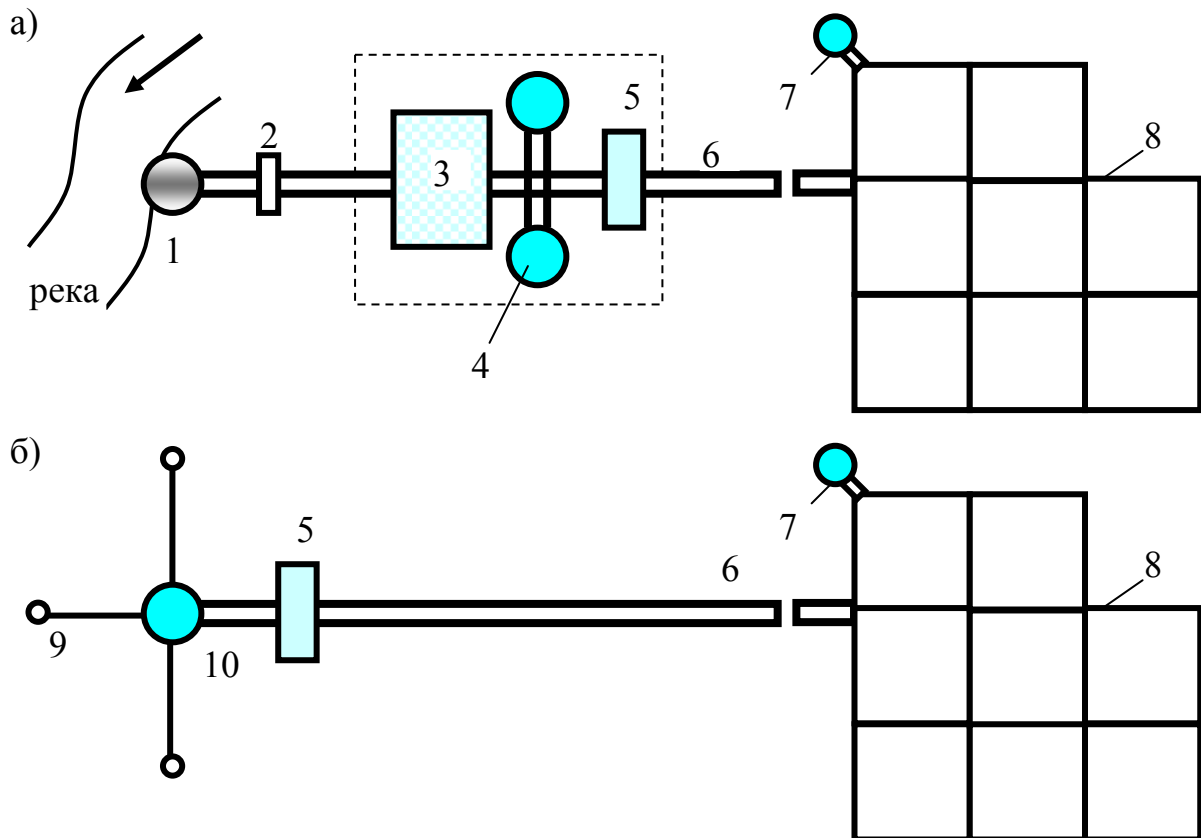


Рис.2. Схемы систем водоснабжения из открытого источника (а) и с забором подземных вод (б):

1 – водозаборные сооружения; 2 – насосная станция первого подъема; 3 – очистные сооружения; 4 – резервуары чистой воды; 5 – насосная станция второго подъема; 6 – напорные водоводы; 7 – водонапорная башня; 8 – кольцевая сеть города; 9 – водозаборные скважины; 10 – сборный резервуар

Местоположение водонапорной башни во многом определяется рельефом местности. Как правило, башни устанавливают на возвышенных точках местности с целью уменьшения их строительной стоимости. При наличии вблизи объекта водоснабжения значительных возвышенных мест вместо водонапорных башен устраивают наземные (подземные) напорные резервуары.

Представленная схема водоснабжения может быть значительно упрощена, если качество воды в источнике соответствует требуемому. Тогда очистные сооружения и НС-II могут отсутствовать. Такая схема зачастую возможна при использовании артезианских вод, имеющих высокие санитарно-гигиенические качества. При расположении источника водоснабжения выше отметок снабжаемой водой территории создается возможность подавать воду потребителям самотеком. В этом случае отпадает необходимость устройства насосных станций. Возможны также случаи отказа от устройства водонапорных башен.

Таким образом, обязательными элементами любой системы водоснабжения являются водозаборные сооружения, водоводы и водопроводная сеть. Рассмотренные схемы водоснабжения, помимо вида источников и состава сооружений, отличаются также и числом источников водоснабжения, которых может быть два или более.

Сравнительная характеристика систем водоснабжения города с поверхностным и подземным источниками (табл. 1) обобщает основные достоинства и недостатки описанных выше систем.

Т а б л и ц а 1

Сравнительная характеристика систем водоснабжения города

Виды систем	Достоинства	Недостатки
С поверхностным источником	Обеспечивает подачу практически любого необходимого количества воды с учетом перспектив роста города. Надежна	Большая строительная и эксплуатационная стоимость. Громоздкость. Экологическое несовершенство ввиду возможного увеличения объема очистных сооружений
С подземным источником	Обеспечивает высокое санитарное качество воды. Не нарушает экологию окружающей среды	Ограниченность применения из-за недостаточной мощности водоносных горизонтов. Возможность нарушения в ряде случаев несущей способности грунтов

Приведенные схемы водоснабжения могут быть применены как для населенных пунктов, так и для промышленных производств. Однако существуют системы водоснабжения, предназначенные только для предприятий. Водоснабжение промышленных предприятий может быть осуществлено по **прямоточной, последовательной и оборотной** схемам.

Основными факторами, влияющими на выбор схемы производственного водоснабжения, являются общее водопотребление, наличие источников водоснабжения и их мощность, расстояние до источника водоснабжения, разность геодезических отметок площадки и уровня воды в источнике, условия охраны водоема от загрязнений производственными сточными водами.

При **прямоточной схеме** водоснабжения вода, забираемая из источника водоснабжения, после соответствующей очистки поступает на технологические нужды предприятия, а затем, после очистки, сбрасывается в водоем ниже по течению относительно объекта водоснабжения. Прямоточная схема водоснабжения экономически целесообразна при малых расстояниях от источника водоснабжения до объекта, а также при незначительной разности отметок уровня воды в источнике и площадки предприятия. Кроме того, она может быть применена при технологических процессах, не допускающих использования оборотной воды из-за ее загрязненности.

С увеличением расстояния между источником водоснабжения и промышленной площадкой, а также разности геодезических отметок, более предпочтительно применение **оборотной схемы**. Она становится единственно возможной при малых мощностях источника водоснабжения и при технологии, не допускающей применения прямоточной и последовательной схем из-за

наличия в отработавшей воде токсических веществ, очистка от которых затруднена. При оборотной схеме резко уменьшается забор «свежей» воды из источника водоснабжения: он составляет около 3–5 % количества воды, забираемого из источника при прямоточной схеме водоснабжения. Как правило, отличием большинства оборотных систем является наличие устройств для охлаждения воды (градирни, пруды-охладители, брызгальные бассейны и др.). При необходимости могут быть предусмотрены также очистные сооружения.

Схема с последовательным использованием воды, занимающая промежуточное положение между рассмотренными схемами, становится целесообразной при небольших расстояниях между цехами, сбрасывающими и использующими отработавшую воду. По этой схеме вода может поступать к следующему потребителю как после очистки и охлаждения, так и без них, что определяется технологией производства.

Та или иная схема водоснабжения выбирается на основе технико-экономических сравнений вариантов и соблюдения условий охраны водоемов от загрязнений.

1.3. Нормы и объемы водопотребления

Основными видами потребления воды являются: **хозяйственно-питьевое водопотребление** жителей населенных пунктов; **водопотребление промышленных предприятий**; водопотребление, связанное с благоустройством территорий (**поливка улиц, зеленых насаждений** и пр.); использование воды для **пожаротушения**; **собственные нужды системы водоснабжения**.

При проектировании систем водоснабжения населенных пунктов удельное среднесуточное (за год) водопотребление на хозяйственно-питьевые нужды населения принимается по табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления

Степень благоустройства районов жилой застройки	Удельное хозяйственно-питьевое водопотребление в населенных пунктах на одного жителя среднесуточное (за год), л/сут
Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией:	
без ванн	125–160
с ваннами и местными водонагревателями	160–230
с централизованным горячим водоснабжением	230–350

Для районов застройки зданиями с водопользованием из водоразборных колонок среднесуточное потребление воды на одного жителя следует принимать 30–50 л/сут.

Выбор удельного водопотребления в пределах, указанных в табл. 2, производится в зависимости от климатических условий, мощности источника водоснабжения и качества воды в нем, степени благоустройства, этажности застройки и местных условий.

Среднесуточный (за год) объем водопотребления $Q_{сут.г}$, м³/сут, на хозяйственно-питьевые нужды определяют по формуле:

$$Q_{сут.г} = \sum q_{жс} \cdot N_{жс} / 1000, \quad (1)$$

где $q_{жс}$ – удельное водопотребление, принимаемое по табл. 2;

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

Системы водоснабжения должны быть запроектированы на пропуск максимального суточного расхода воды, м³/сут, равного:

$$Q_{сут.мах} = K_{сут.мах} \cdot Q_{сут.г}, \quad (2)$$

где $K_{сут.мах} = 1,1-1,3$ – максимальный коэффициент суточной неравномерности водопотребления, учитывающий уклад жизни населения, режим работы предприятий, степень благоустройства зданий, изменения водопотребления по сезонам года и дням недели.

В отдельных случаях требуется проверка работы системы при минимальном суточном расходе воды, м³/сут, определяемом по формуле:

$$Q_{сут.мин} = K_{сут.мин} \cdot Q_{сут.г}, \quad (3)$$

где $K_{сут.мин} = 0,7-0,9$ – минимальный коэффициент суточной неравномерности водопотребления.

Расчетные часовые расходы воды, м³/ч, определяются по формулам:

$$q_{ч.мах} = K_{ч.мах} \cdot Q_{сут.мах} / 24; \quad (4)$$

$$q_{ч.мин} = K_{ч.мин} \cdot Q_{сут.мин} / 24. \quad (5)$$

Коэффициент часовой неравномерности водопотребления $K_{ч}$ следует определять из выражения:

$$K_{ч.мах} = \alpha_{мах} \cdot \beta_{мах}; \quad (6)$$

$$K_{ч.мин} = \alpha_{мин} \cdot \beta_{мин}, \quad (7)$$

где α – коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия, принимаемый $\alpha_{мах} = 1,2-1,4$;

$$\alpha_{мин} = 0,4-0,6;$$

β – коэффициент, учитывающий число жителей в населенном пункте, принимаемый по табл. 2 [1].

Водопотребление промышленных предприятий. На промышленных предприятиях (включая сельскохозяйственные) вода расходуется на технологические цели, хозяйственно-питьевые нужды работающих, а также на пользование ими душем.

Нормы водопотребления на технологические нужды зависят от технологии производства, вида системы водоснабжения и других условий. Средние объемы водопотребления за смену, м³/см, и за сутки, м³/сут, определяют по зависимостям:

$$Q_{см} = q_n \cdot П \cdot K_{л}; \quad (8)$$

$$Q_{mex} = \sum Q_{cm}, \quad (9)$$

где q_n – норма водопотребления на единицу выпускаемой продукции, принимаемая по данным технологов;

Π – сменная производительность предприятия в единицах учета;

K_n – коэффициент изменения среднегодовой нормы в летний период.

В соответствии с [2] нормы водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды работников промышленных предприятий принимают для работающих в горячих цехах $q_z = 45$ л в смену на одного человека; для остальных цехов $q_x = 25$ л.

Объем водопотребления в смену, m^3/cm , определяют по формуле:

$$Q_{x/n} = q_z n_z + q_x n_x, \quad (10)$$

где n_z, n_x – число работающих соответственно в горячих и холодных цехах для рассматриваемой смены.

Расход воды на пользование душем определяют, исходя из часового расхода на одну душевую сетку 500 л при продолжительности пользования душем 45 мин.

Водопотребление, связанное с благоустройством территорий городов и промышленных площадок. Нормы на поливку зеленых насаждений, мойку улиц населенных пунктов и территорий промышленных предприятий принимают по табл. 3 [1] в зависимости от типа покрытия территории, способа ее полива, вида зеленых насаждений, климатических и других местных условий.

При отсутствии данных о площадях по видам благоустройства (зеленые насаждения, проезды и т.д.) среднесуточное за сезон потребление воды на поливку может быть определено по формуле:

$$Q_{пол} = q_{пол} \cdot N_{ж}, \quad (11)$$

где $q_{пол}$ – удельная норма потребления на поливку в расчете на одного жителя населенного пункта, принимаемая равной 50–90 л/сут в зависимости от климатических условий, мощности, источника водоснабжения, степени благоустройства населенного пункта и других местных условий;

$N_{ж}$ – расчетное число жителей в населенном пункте.

Суммарный суточный расход воды определяют по отдельным группам потребителей, снабжаемых водой рассчитываемой системой водоснабжения.

Для единой системы водоснабжения, обслуживающей все перечисленные группы потребителей, определяют максимальный суточный расход воды, $m^3/сут$,

$$Q_{сут. макс}^{общ} = Q_{сут. макс} + (Q_{mex} + Q_{x/n} + Q_{душ}) + Q_{пол} \quad (12)$$

Системы водоснабжения рассчитывают на максимальный суточный расход воды и проверяют на пропуск расчетного противопожарного расхода.

Использование воды для пожаротушения. Расход воды на наружное пожаротушение (на один пожар) и количество одновременных пожаров в населенном пункте для расчета магистральных (расчетных кольцевых) линий водопроводной сети зависят от числа жителей в населенном пункте, этажности застройки и принимаются по табл. 5 [1].

Собственные нужды систем водоснабжения. В соответствии с [1] ориентировочно среднесуточный (за год) расход воды на собственные нужды станций водоподготовки следует принимать: при повторном использовании промывной воды в размере 3–4 % количества воды, подаваемой потребителям без повторного использования – 10–14 %, для станций умягчения – 20–30 %.

2. ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

2.1. Источники водоснабжения

Для нужд водоснабжения промпредприятий и населенных пунктов используют поверхностные воды рек, озер, каналов, водохранилищ и прудов, а также подземные воды.

Забор воды из поверхностных источников водоснабжения, осуществляемый водозаборными сооружениями, связан со сложными гидравлическими, гидродинамическими, биохимическими процессами. Водозаборные сооружения, являясь **головными** в технологической цепи системы, регулируют взаимодействие всех элементов комплекса водоснабжения с источником, и от их правильной и надежной работы в значительной мере зависит обеспечение потребителей необходимым количеством воды надлежащего качества при всех условиях, включая чрезвычайные.

Характерными особенностями воды поверхностных источников являются относительно большая мутность, высокое содержание органических веществ, значительная цветность, бактериальная загрязненность. Качество и количество воды поверхностных источников в значительной степени зависят от интенсивности выпадения атмосферных осадков, таяния снегов.

Ухудшение качества воды в поверхностных водоисточниках приводит к необходимости совершенствования очистных сооружений и увеличению объемов капитальных вложений на строительство новых водоочистных сооружений.

В этих условиях целесообразно расширение масштабов использования подземных вод для коммунального водоснабжения.

Речные воды, имея сравнительно небольшой объем, возобновляются примерно каждые 16 суток (более 20 раз в году). Подземные воды возобновляются в течение примерно 1400 лет, а горные ледники – в течение 1800 лет.

Подземные воды на планете составляют около 14 % всех пресных вод. Системы питьевого водоснабжения с использованием подземных вод достигли в Бельгии, Дании – 90 %, в Финляндии – 75 %. США – 50 %, в России – 35 %.

В России около 3 миллионов рек, 90 % речного стока сбрасывается в Северный Ледовитый и Тихий океаны. На бассейны Каспийского и Азовского морей, где проживает 80 % населения, приходится только 8 % общего годового объема речного стока.

Суммарный забор свежей воды из водоисточников России составляет 3 % водных ресурсов. При этом забор бассейнов рек Кубань, Дон, Урал достигает 50 % и более, что превышает экологически допустимый отбор воды. До 50 % забранной воды используется на промышленные нужды, 20 % – на орошение и

сельскохозяйственное потребление, 17 % – на хозяйственно-питьевое водоснабжение.

Рациональное использование природных водных ресурсов и охрана окружающей среды были и остаются одной из важнейших задач. Среди указов Петра I в России (1718 г.) был указ об охране чистой воды и ограничении вырубки леса. В настоящее время использование водных объектов государства регламентируется статьями водного законодательства.

С учетом роста водопотребления, значительной неравномерности распределения водных ресурсов и различных возможностей их использования по территории страны становится очевидной актуальность и ответственность выбора источника водоснабжения, его рационального использования и защиты от загрязнения и истощения. Кроме этого, надежная работа водозаборных сооружений может быть обеспечена только при обосновании их взаимодействия с источником с учетом динамики изменения качества и количества воды, которые должны быть заложены в расчеты и проектирование.

2.2. Характеристика места водозабора

Согласно [3], выбор источника водоснабжения должен производиться с учетом его санитарной надежности и возможности получения питьевой воды, соответствующей [4].

Пригодность источника для хозяйственно-питьевого водоснабжения устанавливается на основе:

- санитарной оценки поверхностного источника водоснабжения, а также прилегающей территории выше и ниже водозабора по течению воды;
- оценки качества и количества воды источника водоснабжения;
- санитарной оценки места размещения водозаборных сооружений;
- прогноза санитарного состояния источников.

Выбор поверхностного источника водоснабжения производится на основании следующих данных: анализа качества воды, гидрогеологических данных, минимального и среднего расхода воды, соответствия их предполагаемому водозабору, санитарной характеристики бассейна, развития промышленности, наличия и возможности появления источников бытовых, промышленных и сельскохозяйственных загрязнений в районе предполагаемого водозабора. Кроме того, необходимо учитывать также топографические и геологические факторы, сведения о санитарном состоянии и использовании воды реки другими водопотребителями и водопользователями (судоходство, лесосплав, ГЭС и др.).

При анализе возможности размещения водозабора необходимо сравнить величины проектируемого забираемого расхода $Q_в$, м³/с, с минимальным расходом реки Q_{min} . Эти величины должны удовлетворять условию:

$$Q_в \leq (0,2 - 0,25) Q_{min} \quad (13)$$

В этом случае отпадает необходимость регулирования стока реки. В соответствии с положениями табл.12 [1] устанавливается характеристика условий забора воды: **легкие, средние, тяжелые и очень тяжелые.**

2.3. Обоснование выбора принципиальной схемы водозаборных сооружений

Комплекс водозаборных сооружений предназначен для забора воды из источника, ее предварительной очистки и подачи под необходимым напором на станцию водоподготовки.

Тип водозабора выбирается на основании требуемой производительности, рельефа местности по створу водоприемника, гидрогеологических данных.

Схемы водозаборных сооружений представлены на рис. 3, 4, 5.

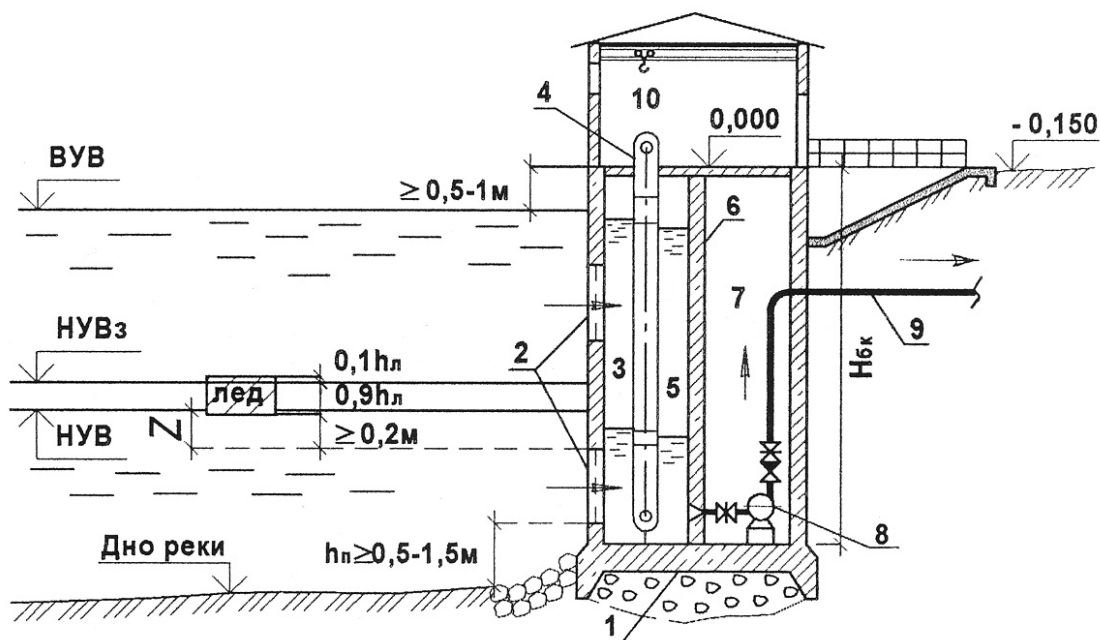


Рис. 3. Водозабор берегового типа:

1 – береговой колодец; 2 – окна с решетками; 3 – приемная камера; 4 – вращающаяся сетка; 5 – всасывающая камера; 6 – водонепроницаемая стенка; 7 – машинный зал; 8 – насосы; 9 – напорные линии; 10 – наземный павильон

В табл. 3 приведены условия применения водозаборов различного типа.

Кроме этих основных схем, применяют водозаборы комбинированного типа (например, с несколькими водоприемниками различных типов), с водоприемником с входными окнами и подрусовым приемом воды (инфильтрационным) и другие. Разработан ряд проектов русловых водозаборов совмещенного типа с артезианскими насосами и погружными насосами типа ЭЦВ производительностью до 1 м³/с.

Окончательный выбор источника водоснабжения и типа водозаборных сооружений производят путем технико-экономического сравнения вариантов,

куда должны входить также оценка мощности источника, удаленности от объекта, стоимость забора воды, ее очистки и подачи водопотребителю.

Т а б л и ц а 3

Типы водозаборных сооружений и условия их применения

Тип водозаборного сооружения	Условия применения
С русловым водоприемником:	Пологий берег; наличие пойменной террасы; отсутствие достаточных глубин у берега; нескальный грунт
раздельного типа	Амплитуда колебаний уровня воды в реке до 6–8 м; допустимая высота всасывания насосов более 3–4 м; производительность водозабора до 1 м ³ /с
раздельного типа с сифонными водоводами	Большое заглубление самотечных водоводов при значительной длине; неблагоприятные геологические и гидрогеологические условия для укладки самотечных водоводов
совмещенного типа	Амплитуда колебаний уровней воды в реке более 6 м при производительности водозабора до 1 м ³ /с; при производительности 1–6 м ³ /с – амплитуда любая; высокая несущая способность грунтов
С береговым водоприемником:	Наличие достаточных глубин в русле у берега; крутой берег; малая загрязненность воды у берега
раздельного типа	Амплитуда колебаний уровня воды до 6–8 м; допускаемая высота всасывания насосов свыше 3–4 м; производительность водозабора до 1,5 м ³ /с
совмещенного типа	Амплитуда колебаний уровня воды любая; производительность водозабора любая; необходимость установки насосов под залив; высокая несущая способность грунтов
совмещенного типа с дополнительным русловым водоприемником	Загрязненность воды (в том числе и бактериальная) у берега в межень и относительно небольшая загрязненность в паводок; пологий берег; амплитуда колебаний уровня воды любая; производительность водозабора более 1 м ³ /с

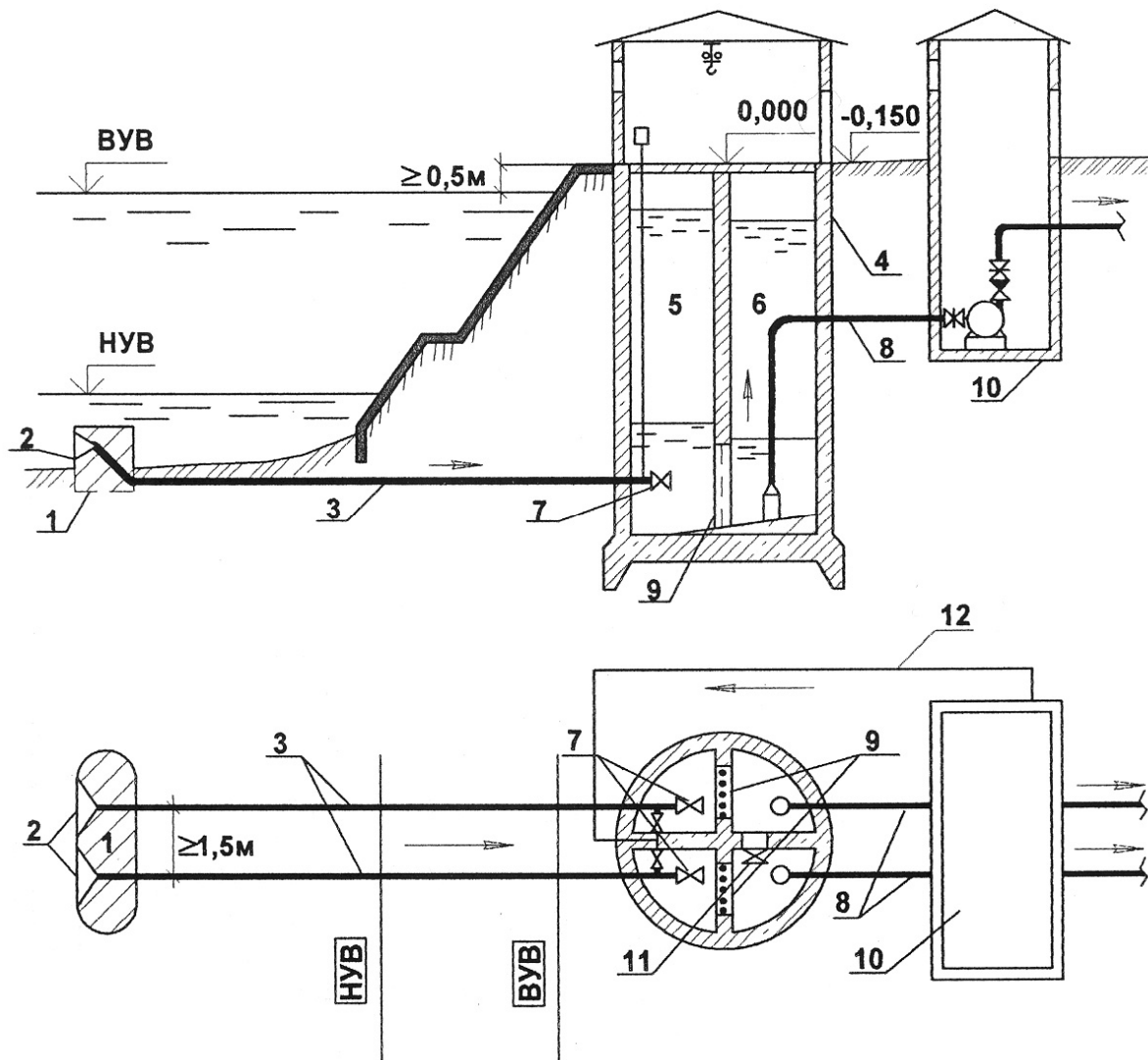


Рис. 4. Русловой водозабор с самотечными линиями:

1 – оголовок; 2 – решетки; 3 – самотечные линии; 4 – береговой колодец; 5 – приемная камера; 6 – всасывающая камера; 7 – задвижки; 8 – всасывающие линии; 9 – сетки; 10 – насосная станция первого подъема (НС-1); 11 – перепускная задвижка; 12 – подача воды на промывку

К специальным водозаборным сооружениям могут быть отнесены водоприемные **ковши**, **передвижные** и **плавучие** водозаборы, а также сооружения по забору воды из водохранилищ, горных рек и морей.

Водоприемный ковш представляет собой искусственный залив, образованный дамбой, применяется для борьбы с шугой и частичного осветления воды.

Плавучие водозаборные сооружения предусматриваются для временного водоснабжения в условиях значительных колебаний уровня воды в источнике.

При заборе воды из водохранилищ и морей необходимо учитывать воздействие ветровых волн, явления сгона и нагона воды, береговые течения, ледовые явления и т.д.

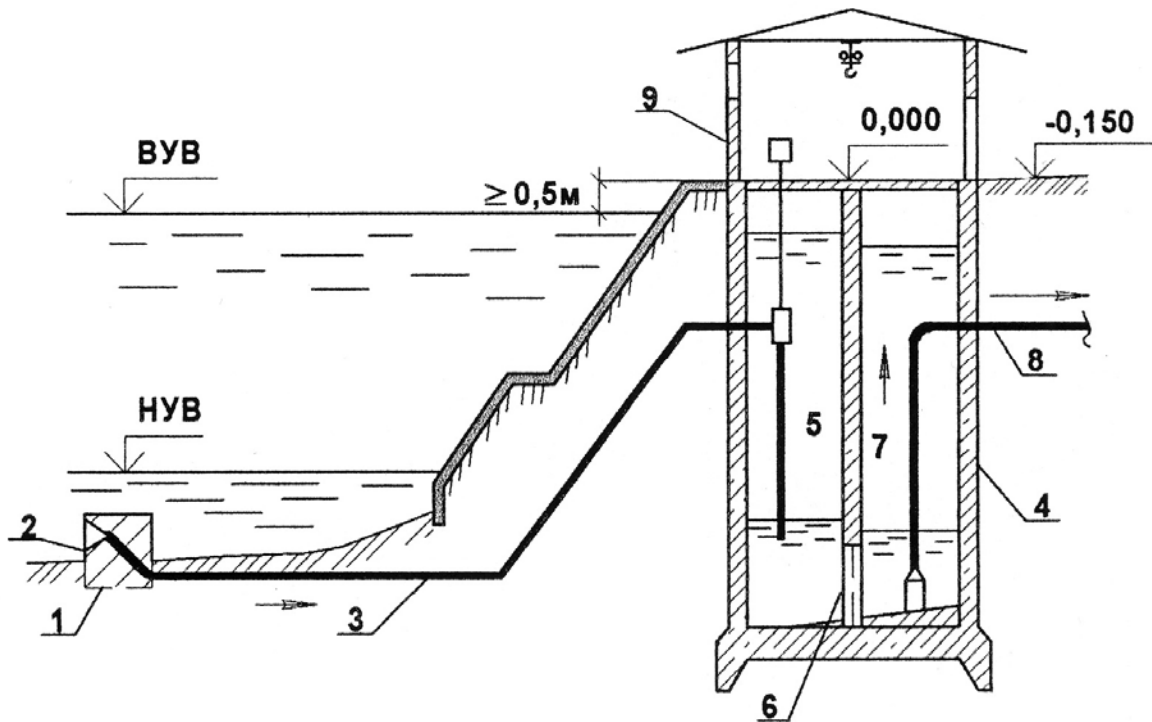


Рис. 5. Русловой водозабор сифонного типа:

1 – оголовок; 2 – решетки; 3 – сифонные линии; 4 – береговой колодец; 5 – приемная камера; 6 – сетки; 7 – всасывающая камера; 8 – всасывающие линии

2.4. Основы расчета и проектирования водозаборных сооружений

Гидравлические расчеты водозаборов всех типов выполняют для определения:

- размеров водоприемных отверстий, диаметров трубопроводов, водоочистных сеток и других конструктивных элементов водозабора;
- потерь напора, отметок минимального уровня воды в береговом колодце и его глубины, допустимой отметки оси насосов и т.д.;
- гидравлических характеристик режима работы водозабора.

Выбор типа оголовка зависит от условий забора воды и категории надежности водоподачи.

Оголовки подразделяются на 3 основные группы:

- постоянно затопленные;
- затопляемые высокими водами;
- незатопляемые.

В силу небольшой трудоемкости и низкой стоимости при строительстве наиболее широкое распространение получили постоянно *затопленные* оголовки. К основным недостаткам оголовков такого типа следует отнести невозможность их осмотра при высоком уровне воды в реке, шугоходе и ледоставе. Оголовки должны проектироваться и строиться таким образом, чтобы в них не вовлекались донные наносы, шуга, сор (трава, листья), рыба. Преимуществом

оголовков, *затопляемых высокими водами* является доступность их осмотра и прочистки при минимальном и меженном уровнях воды в реке. Основным недостатком таких оголовков является переформирование гидравлического режима реки, они являются помехой для судоходства, поэтому применяются редко.

При больших производительностях и для обеспечения бесперебойной подачи воды применяются *незатопляемые* оголовки. Основным недостатком состоит в том, что они требуют больших капитальных затрат при строительстве. Достоинством таких сооружений является наличие двух или трех ярусов водоприемных отверстий, что позволяет забирать воду из источника наиболее высокого качества в данное время года.

Размеры водоприемных отверстий водозабора, которые перекрываются сороудерживающими решетками, определяются при одновременной работе всех его секций (за исключением резервных) по формуле:

$$\Omega = 1,25 \cdot q_I \cdot K / V, \quad (14)$$

где Ω – площадь входных окон (брутто) одной секции водоприемника, м^2 ;

q_I – расчетный расход одной секции, $\text{м}^3/\text{с}$;

V – скорость втекания воды в водоприёмные отверстия, $\text{м}/\text{с}$;

1,25 – коэффициент, учитывающий засорение отверстий;

K – коэффициент, учитывающий стеснение живого сечения потока. Для решеток K подсчитывают согласно зависимости:

$$K = (a + c) / a, \quad (15)$$

где a , c – соответственно расстояние между стержнями в свету и толщина стержней, см .

На водоприемных отверстиях водозаборов обычно устанавливают плоские съемные решетки, представляющие собой металлическую раму, сваренную из уголкового стали или швеллера с металлическими стержнями из полосовой или круглой ($\varnothing$ 6–12 мм) стали. Расстояние между стержнями решетки определяется условиями забора воды и составляет, как правило, 40–80 мм.

Допустимые значения скоростей втекания для **средних** и **тяжелых** условий забора воды **без учета требований рыбозащиты** находятся в пределах:

– для береговых незатопляемых водоприемников $0,6 \div 0,2 \text{ м}/\text{с}$;

– для затопленных водоприемников $0,3 \div 0,1 \text{ м}/\text{с}$.

С учетом требований рыбозащиты:

– в водотоках со скоростями течения свыше $0,4 \text{ м}/\text{с}$ допустимая скорость втекания – $0,25 \text{ м}/\text{с}$;

– в водотоках со скоростями течения до $0,4 \text{ м}/\text{с}$ и в водоемах – $0,1 \text{ м}/\text{с}$.

Для очень тяжелых шуголедовых условий скорость втекания воды в водоприемные окна следует снижать до $0,06 \text{ м}/\text{с}$.

Чтобы исключить возможность вмерзания решеток и оголовка в ледяной покров, их верх должен располагаться от нижней кромки льда на величину не менее $0,2 \text{ м}$.

Сифонные и самотечные водоводы, как правило, следует принимать из стальных труб с качественной противокоррозионной изоляцией. Допускается применение пластмассовых и железобетонных труб.

Протяженность их принимается в соответствии с условиями забора, профилем дна реки и качеством воды в створе водозабора, рассчитанной минимальной глубиной в месте расположения оголовка и площадкой строительства берегового колодца.

Планировочные отметки площадок водозаборных сооружений должны приниматься не менее чем на 0,5 м выше максимального уровня воды расчетной обеспеченности с учетом ветрового нагона волны. В практике проектирования это превышение обычно составляет 0,85–1,3 м.

Расчет трубопроводов водозабора производится по величинам допускаемых скоростей при **нормальном** режиме работы.

Ориентировочные скорости движения воды в самотечных и сифонных водоводах рекомендуется принимать по табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Диаметры водоводов, мм	Скорость движения воды, м/с, в водозаборах категории	
	I	II и III
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

Бóльшие величины скоростей принимают при больших расходах и малой длине труб, однако следует учитывать, что пропускная способность водоводов в период эксплуатации снижается иногда до 30–50 % вследствие коррозии и обрастаний с соответствующим увеличением потерь напора.

Трубопроводы в реке должны быть защищены от подмыва речным потоком, истирания донными наносами и повреждения якорями. С этой целью их заглубляют ниже дна реки на судоходных реках на 0,8 – 1,5 м, на несудоходных – не менее 0,5 м. Траншея, в которую уложены трубопроводы, сверху укрепляется каменной наброской.

Потери напора, м, в трубопроводах (самотечных, сифонных) складываются из линейных h_l и местных h_m :

$$h = h_l + h_m, \quad (16)$$

$$h_l = i \cdot l, \quad (17)$$

где l – длина самотечных или сифонных линий, м ;

i – единичные потери напора по длине, принимаемые по [5].

$$h_m = \sum \zeta \frac{V^2}{2g}, \quad (18)$$

где $\sum \zeta$ – сумма коэффициентов местных гидравлических сопротивлений, принимаемых по справочной литературе;

V – скорость движения воды в трубопроводах, м/с;
 g – ускорение свободного падения, м/с².

Потери напора во входных решетках принимаются по практическим данным с учетом частичного засорения, и, как правило, для инженерных расчетов составляют $h_p = 0,03 - 0,06$ м [6].

Самотечные линии рассчитывают для двух случаев:

- **пропуск нормального расчетного расхода;**
- **пропуск аварийного расхода,** когда одна из самотечных линий отключена, а по другой пропускают расход, равный 70 % полного расчетного для II и III категорий надежности и 100 % – для I.

Окна в разделяющих стенках между водоприемным и всасывающим отделениями перекрывают **съёмными плоскими** или стационарными **вращающимися сетками**. В соответствии с рекомендациями [1] **вращающиеся сетки** следует применять в **средних, тяжелых и очень тяжелых** условиях загрязненности источника, а также при производительности водозабора более 1 м³/с. Основное назначение сеток – предварительная механическая очистка воды источника от взвеси и планктонных образований, прошедших через решетки. Размер ячеек сеток принимается в зависимости от исходного качества воды и требований к нему после водозабора.

Плоская съёмная сетка состоит из металлической рамы, натянутой на нее подложки (крупноячеистая сетка из проволоки диаметром 2 – 3 мм с ячейками 20 × 20 или 25 × 25 см в свету) и рабочей фильтровальной сетки, выполненной из цветного металла или нержавеющей стали. Подложка служит опорой для фильтровальной сетки и предохраняет ее от прорыва во время работы.

Площадь плоских сеток вычисляют, используя зависимость (14), однако коэффициент K при этом определяется по формуле:

$$K = [(a + c) / a]^2, \quad (19)$$

где $a = 2 \div 5$ мм – размер ячеек в свету;

$c = 1 \div 1,5$ мм – диаметр проволоки.

Допускаемые скорости течения воды в ячейках сеток принимают 0,2 – 0,4 м/с для плоских и 0,6 – 1,0 м/с для вращающихся сеток.

Чтобы процеживание воды через сетку не прекращалось на время ее промывки или ремонта, перед каждым сеточным отверстием предусматривается второй ряд направляющих швеллеров, в пазы которых, перед подъемом рабочих, опускаются резервные сетки.

В целях обеспечения нормальных условий эксплуатации водозабора самотечные и сифонные линии, решетки и сетки необходимо регулярно промывать. В павильоне берегового колодца на перекрытии устанавливаются колонки управления задвижками, приспособления для промывки сеток, аппаратура для измерения уровней воды в реке и в колодце перед и после сеток и передачи результатов измерений на пульт управления водозабором. При достижении перепада уровня в реке и в одной или обеих камерах колодца критической величины необходимо приступить к промывке решеток и самотечных (сифонных) труб или сеток. Разность уровней определяется по показаниям датчиков поплавковых реле.

В приемном отделении берегового колодца устраиваются приямки для сбора осадка, сора и наносов. Осадок удаляется песковым насосом или при помощи гидроэлеватора.

2.5. Меры борьбы с шугой и подводным льдом, защита от биообрастаний, рыбозащитные мероприятия

Основным средством защиты от *шуголедовых помех* является **правильный выбор места расположения водозаборных сооружений, типа водоприемника и его конструктивных элементов**. К другим средствам борьбы можно отнести:

- своевременную очистку и промывку решеток оголовка (ручная, механическая, обратным током воды, импульсная);
- применение водоприемников фильтрующего типа;
- покрытие (изготовление) стержней решеток гидрофобными (криофобными) материалами (каучук, эбонит, резина, полимеры);
- снижение скоростей входа в водоприемник;
- дублирование оголовков;
- устройство водозаборов ковшового типа;
- изменение динамического состояния потока путем устройства у водоприемника струенаправляющих дамб, запаней, шугоотбойных щитов и т.п.;
- установку перед зоной водоотбора в период шугохода плавучих ограждающих устройств (катеров, плотов);
- электрообогрев решеток в окнах водоприемника;
- сброс у водоприемника отработанной теплой воды;
- подогрев воды отработанным паром;
- устройство перед зоной водоотбора пневмозащиты и т.д.

В случае необходимости следует предусматривать меры борьбы с **обрастанием** элементов водозаборного сооружения дрейссеной, баянусом, мидиями и т.п. путем обработки воды хлором или раствором медного купороса.

Дозы, периодичность и продолжительность обработки воды реагентами надлежит определять в зависимости от вида преобладающих гидробионтов на основании данных технологических исследований.

Дозу хлора следует принимать не менее 5 мг/л. Рекомендуемая продолжительность хлорирования при хлорпоглощаемости воды:

- до 3 мг/л – весной и осенью в течение 7–10 дней;
- свыше 3 мг/л – с мая по октябрь в те дни, когда средняя суточная температура воздуха превышает +10° С.

Дозу медного купороса (по меди) необходимо принимать 1–1,5 мг/л.

Допускается применение лакокрасочных и пластмассовых покрытий элементов водозаборных сооружений.

В период проведения обратной или импульсной промывки водоприемников и самотечных линий подача хлора в них не допускается по условиям рыбозащиты.

Для борьбы с биообрастаниями водозаборов возможно применение теплой воды. Установлено, что при подаче воды с температурой 40 – 45°C в течение 10 минут все водные организмы погибают, при температуре воды выше 60°C дрейссена погибает моментально.

В качестве **рыбозащитного устройства (РЗУ)** на период ската рыбной молоди возможна установка в отверстия водоприемников **плоских сеток** с ячейкой от 1 x 1мм до 4 x 4мм.

На стадии проектирования целесообразно рассмотреть возможность устройства оголовка **зонтичного** типа.

Хороший эффект достигается при применении РЗУ объемного фильтрующего типа в виде **кассет, контейнеров**, заполненных полиэтиленовыми или пластмассовыми шариками, керамзитом, гравием, щебнем. Возможно использование кассет, заполненных порозластом – материалом из смеси минерального наполнителя (керамзит, гравий) с термопластичным полимерным связующим (полиэтилен низкой плотности) и применение пористых керамзитобетонных фильтрующих плит, обрамленных по контуру металлической рамой.

Существуют разработки **конусных вращающихся сеток** с неподвижным промывным устройством, устанавливаемых в пазовые конструкции водоприемного отверстия или непосредственно в самотечные линии.

В качестве дополнительных рыбозащитных устройств перед водоприемниками предусматривают **запани и отбойные козырьки**.

Рыбозаградительные сооружения предусматривают также возможность использования различных **проницаемых экранов** (воздушно-пузырьковых завес, электрических и акустических, а также заградителей, основанных на зрительно-световых эффектах).

2.6. Водозаборные сооружения подземных вод

Хозяйственно-питьевое водоснабжение имеет приоритет перед другими потребителями подземных вод.

Устройство водозаборных узлов и состав их сооружений определяются условиями залегания, мощностью, водообильностью, глубиной и геологическим строением водоносных горизонтов, гидравлическими характеристиками подземного потока, санитарным состоянием территории, намеченной производительностью и технико-экономическими показателями.

В зависимости от конкретных условий для приема подземных вод могут применяться: скважины, шахтные колодцы, горизонтальные, лучевые, комбинированные водозаборы и каптажи родников.

По условиям залегания (рис.6) различают два основных типа подземных вод – **напорные** и **безнапорные**.

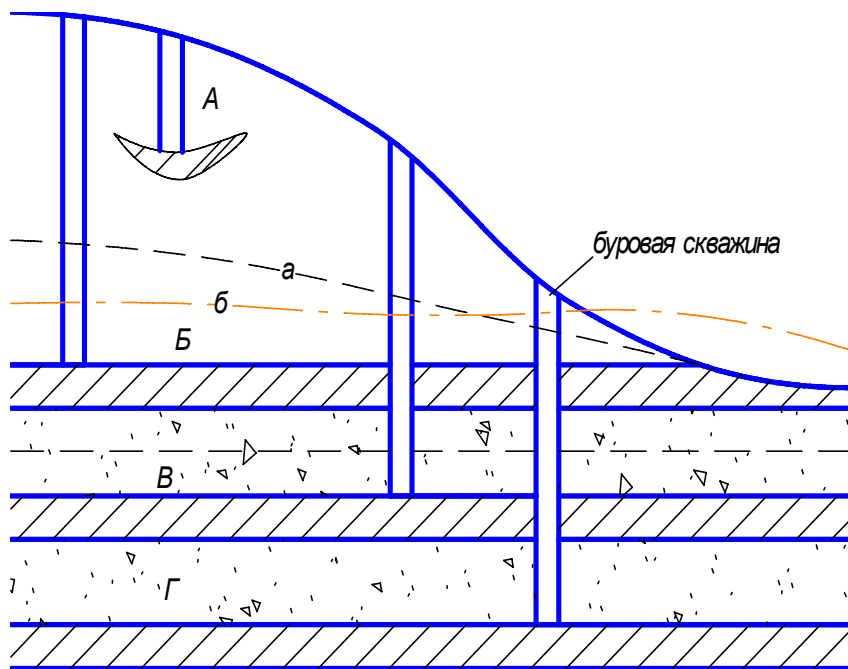


Рис.6. Виды подземных вод

А – верховодка; *Б* – грунтовые воды; *В* – безнапорные межпластовые воды; *Г* – напорные воды; *1* – проницаемые породы; *2* – водоупорные породы; *а* – свободный уровень воды; *б* – пьезометрический уровень воды

Воды первого от поверхности сплошного водоносного горизонта называются грунтовыми. Линзообразные скопления воды на водоупорах, имеющие локальное распространение, образуют **верховодку**.

Грунтовые безнапорные воды на отдельных участках могут приобретать местный напор, залегают на небольшой глубине и подвержены загрязнению веществами, смываемыми осадками (дождем, талой водой) с поверхности земли (т.е. наблюдается инфильтрация). Проницаемый пласт, ограниченный двумя водоупорами, может не быть заполнен водой. При этом образуется **полупнапорные** или безнапорные межпластовые воды.

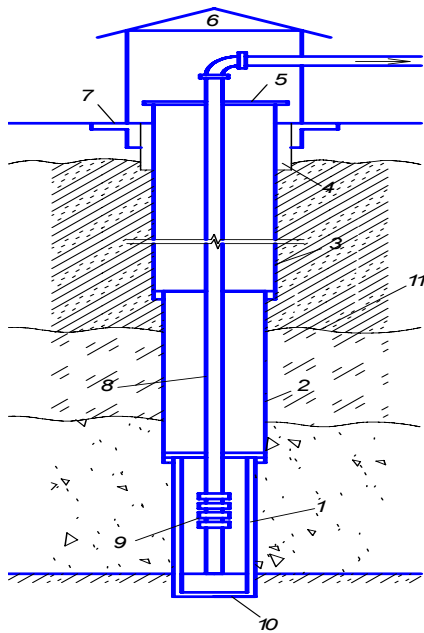
Напорные воды или **артезианские** (от Artesium – латинское название французской провинции Артуа) заключены между водоупорными слоями. В буровой скважине, вскрывающей напорный водоносный горизонт, вода поднимается выше кровли этого пласта, иногда фонтанирует. Артезианские воды залегают на значительных глубинах. От поверхности они изолированы водоупорными слоями и поэтому менее подвержены загрязнению, чем грунтовые воды.

Необходимо отметить, что при эксплуатации запасов подземных вод в области отбора воды возникает зона пониженного давления, и таким образом создаются благоприятные условия для вовлечения в данный эксплуатируемый горизонт дополнительных ресурсов: переток воды из смежных водоносных пластов, разделенных слабопроницаемыми слоями. При этом возможно

усиление инфильтрации атмосферных осадков и фильтрации из поверхностных водотоков и водоемов, что может привести к загрязнению водоносного слоя.

Забор подземных вод с помощью **буровых скважин** является наиболее распространенным способом в практике водоснабжения и отличается универсальностью и техническим совершенством, может быть использован в широком диапазоне глубин залегания подземных вод. Глубина скважин может достигать 1000 м и более.

Рис. 7. Водозаборная скважина



- 1 – фильтр скважины; 2 – эксплуатационная колонна; 3 – колонна обсадных труб; 4 – кондуктор; 5 – устье скважины (оголовок); 6 – павильон; 7 – цементный или глиняный замок; 8 – напорные трубопроводы; 9 – насос с погружным электродвигателем; 10 – отстойник; 11 – статический уровень воды

Подземные воды характеризуются статическим и динамическим уровнями. **Статический уровень** – это уровень воды в колодце при отсутствии водоотбора. При отборе воды из колодца происходит падение уровня. Этот уровень называется **динамическим**. Понижение динамического уровня пропорционально количеству откачиваемой воды. Количество воды, которое может быть откачено при понижении динамического уровня на 1 м, называется **удельным дебитом**. Уровень воды и пьезометрические линии, установившиеся вокруг колодцев при откачке воды, образуют **кривые депрессии** (рис. 8). **Статический уровень** грунтовых вод (СтУГВ) устанавливается на той же отметке, на которой вода была встречена при вскрытии пласта. При откачке уровень воды понижается и вода из водоносного пласта начинает притекать к скважине. Область, ограниченная кривыми депрессии, называется **депрессионной воронкой**. Когда количество отбираемой воды станет равным количеству воды, притекающей в колодец из грунта, движение приобретает установившийся характер, устанавливается **динамический уровень** (ДнУГВ). Расстояние от центра скважины до точки пересечения кривых депрессии со статическим уровнем грунтовых вод называется **радиусом влияния скважины** (R). Расстояние от статического до динамического уровней воды в скважине называется **глубиной откачки** (S).

Вода поступает в колодец только из области грунтового массива, ограниченного радиусом влияния скважины. Поэтому при проектировании нескольких скважин радиусы их влияния не должны пересекаться.

Гидравлический расчет напорных и безнапорных скважин сводится к установлению соотношения между *удельным дебитом* (Q), *глубиной откачки* (S), *радиусом скважины* (r) при известных значениях *коэффициента фильтрации* грунтов (K_f).

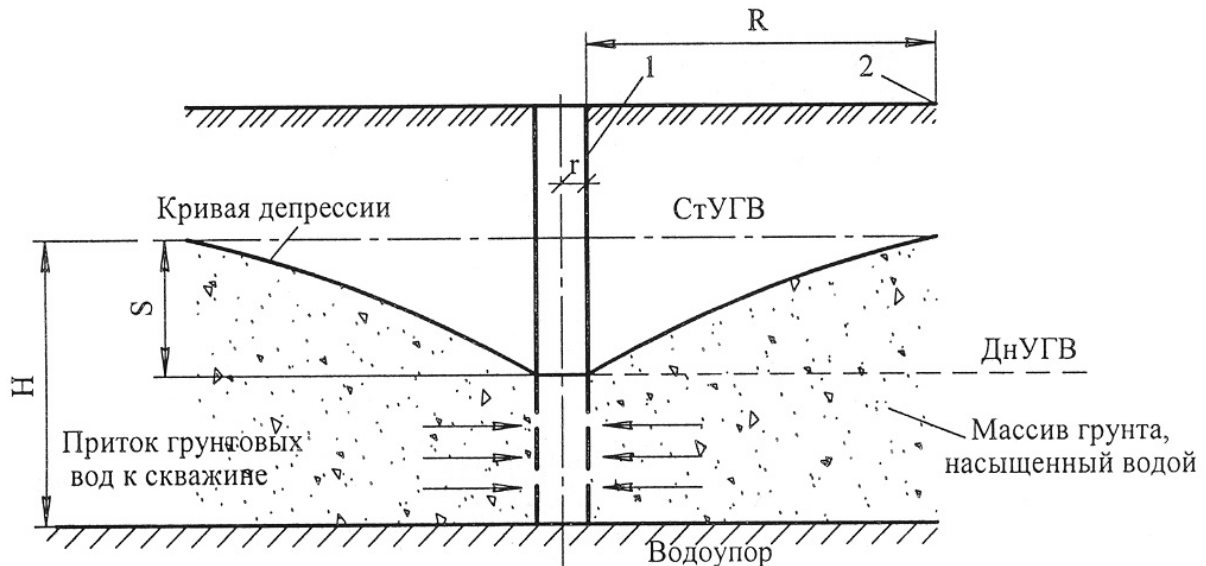


Рис. 8. Расчетная схема водозаборной скважины:

1 – скважина (колодец); 2 – поверхность земли; СтУГВ – статический уровень грунтовых вод; ДнУГВ – динамический уровень грунтовых вод; R – радиус влияния скважины; S – глубина откачки; r – радиус скважины; H – мощность водоносного горизонта

Если скважина (колодец) доведена до водоупора, она называется «*совершенной*», если она заканчивается в толще водоносного пласта – «*несовершенной*».

Применение **шахтных колодцев** (рис. 9) ограничено эксплуатацией водоносных пластов, залегающих на небольших глубинах – обычно до 20–30 м. Для подъема воды из колодцев применяют центробежные насосы с вертикальным валом или погружные насосы.

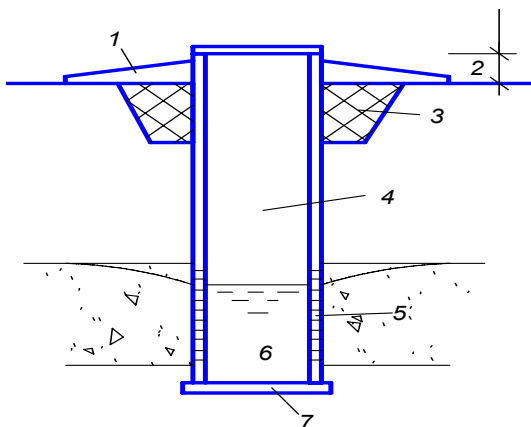


Рис. 9. Шахтный колодец:

1 – отмостка; 2 – оголовок (0,8 м); 3 – замок (1,5 м); 4 – ствол шахты; 5 – водоприемная часть; 6 – зумпф; 7 – гравийный фильтр

Горизонтальные водозаборы представляют собой водосборную траншею или водосборную галерею, оборудованную для приема воды, предназначены для эксплуатации маломощных водоносных пластов и особенно эффективны при расположении вблизи рек, озер и водохранилищ. Галереи устраиваются при глубине залегания подземных вод до 6–8 м от поверхности, при глубине более 8 м возможно выполнение водозабора в виде штольни прямоугольного или круглого сечения.

Лучевые водозаборы – это система горизонтальных или наклонных скважин, которые собирают воду из водоносного пласта и отводят ее в центральную водосборную камеру (шахту), откуда ведется откачка. Устраиваются при мощности пласта до 20 м, находящихся на глубине до 15–20 м. Гидрохимическая среда должна исключать возможность коагуляции пород водоносного пласта в прифильтровой зоне и самих фильтров солями различного состава.

Комбинированные водозаборы представлены горизонтальными галереями с рядом вертикальных скважин или шахтных колодцев.

Каптажные сооружения предназначены для сбора подземных вод, выходящих на поверхность земли в виде родников и ключей.

2.7. Зоны санитарной охраны водозаборных сооружений

Для обеспечения санитарной надежности водопроводов питьевого назначения предусматривается организация зон санитарной охраны (ЗСО) для источника водоснабжения и для площадок водопроводных сооружений и водоводов.

Зону санитарной охраны подразделяют на три пояса:

- **строгого режима;**
- **ограничений;**
- **наблюдений.**

Для **первого пояса** зоны санитарной охраны **водотоков** границы устанавливаются в зависимости от местных санитарно-топографических и гидрогеологических условий и должны быть:

- вверх по течению – не менее 200 м от водозабора;
- вниз по течению – не менее 100 м от водозабора;
- по прилегающему к водозабору берегу не менее 100 м от линии уреза воды при летне-осенней межени;
- в направлении к противоположному от водозабора берегу при ширине реки или канала менее 100 м – вся акватория и противоположный берег шириной 50 м от линии уреза воды при летне-осенней межени, при ширине водотока более 100 м – полоса акватории шириной не менее 100 м, для водоприемных ковшей в пределы первого пояса ЗСО включается вся акватория ковша.

Границы **второго пояса** надлежит устанавливать в зависимости от природно-климатических и гидрогеологических условий:

- вверх по течению – исходя из пробега воды от границ пояса до водозабора при расходе воды 95 %-ной обеспеченности в срок от 3 до 5 суток в зависимости от климатического района;

- вниз по течению – не менее 250 м;

- боковые границы для равнинного рельефа местности – не менее 500 м от линии уреза воды при летне-осенней межени, боковые границы для гористого рельефа – до вершины первого склона, но не менее 750 м при пологом склоне и не менее 1000 м при крутом.

Границы **третьего пояса** ЗСО вверх и вниз по течению совпадают с границами второго пояса. Боковые границы должны проходить по линии водоразделов в пределах 3–5 км, включая притоки.

Составлению проекта зоны санитарной охраны *подземных источников* предшествует проведение специальных изысканий на местности для выяснения гидрогеологических характеристик района, направления и скорости подземного потока, условий его питания, возможных источников загрязнения подземных вод, наличия нарушений почвенных слоев и т. д.

Водозаборы подземных вод должны располагаться вне территории промышленных предприятий и жилой застройки.

Территория **первого пояса**, устанавливаемая на расстоянии не менее 30 м от водозабора, должна быть спланирована для возможности отвода поверхностного стока за границы пояса.

На территории **второго и третьего поясов** должны проводиться предупредительные мероприятия с целью защиты используемого водоносного пласта от поступлений загрязнений с поверхности. Во втором поясе зоны санитарной охраны не допускается проведение работ, связанных с нарушением пород, перекрывающих сверху водоносный пласт. Контроль за содержанием зон санитарной охраны подземных источников также осуществляется органами государственного санитарного надзора.

Перечень санитарных мероприятий на территории ЗСО приведен в [7].

3. ГИГИЕНИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

В основе гигиенических требований к качеству воды для питьевых и бытовых нужд лежит принцип, ставящий в центр внимания те качества воды, от которых зависят здоровье человека и условия его жизни. Влияние некачественной воды на здоровье может быть непосредственным, проявляющимся в виде инфекционных заболеваний или заболеваний неинфекционной природы и интоксикаций, и косвенным, когда вода вызывает неприятные ощущения, что заставляет человека отказываться от употребления такой воды. На основе этих представлений в середине XX в. в гигиене была сформулирована триада гигиенических требований к качеству питьевой воды: **питьевая вода должна быть безопасна в эпидемиологическом отношении, безвредна по химическому составу и обладать благоприятными органолептическими свойствами**. На ее базе создаются национальные нормативные документы в области контроля и качества питьевой воды во всем мире.

3.1. Нормативно-правовые акты управления в области питьевого водоснабжения

Нормативно-правовые акты – это основанные на законах государственные акты управления, играющие роль инструмента органов государственного надзора, с помощью которого осуществляется государственная защита прав человека.

Правовые основы хозяйственно-питьевого водоснабжения

**Конституция РФ
(1993г.)**

Кодексы:

**Уголовный
(1996г.)**

**Водный
(1995г.)**

**Об административных
правонарушениях (2001г.)**

**Гражданский
(1994г.)**

Законы:

**«Об
охране
окружаю-
щей
среды»
(2002г.)**

**«О
единстве
измере-
ний»
(1989г.)**

**«Об
обеспечении
населения
доброкачествен
ной питьевой
водой» (1998г.)**

**«О санитарно-
эпидемиологи-
ческом благо-
получии насе-
ления» (1999г.)**

**«О
сертифи-
кации
продукции
и услуг»
(1991г.)**

Основные подзаконные нормативно-правовые акты:

Орган государственного санитарно-эпидемиологического надзора	Госстандарт РФ	Госстрой РФ
1. СанПиН 2.1.4.1074–01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» 2. СанПиН 2.1.4.1175–02 «Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников»	1. ГОСТ 27384–87 «Вода. Нормы погрешности измерений состава и свойств» 2. ГОСТ 8.563–97-ГСИ «Методика выполнения измерений» 3. ГОСТ 2761–84* «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора»	1. Правила пользования системами коммунального водоснабжения и канализации в РФ (регистр. №167 от 12.02.99 г. Правит. РФ) 2. СНиП 2.04.02–84* «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» 3. СНиП 2.04.01–85* «Внутренний водопровод и канализация зданий»

3.2. Показатели качества питьевой воды и их санитарно-токсикологическая характеристика

С 1996 г. гигиенические требования к качеству воды питьевого водоснабжения в нашей стране определяются санитарными правилами и нормами – СанПиН [4].

В основу документа положены следующие принципы:

1. Принцип гигиенических критериев качества питьевой воды (триада требований).
2. Невозможность создания эталона состава питьевой воды.
3. Региональный подход к регламентации состава питьевой воды.
4. Равная правовая основа всех гигиенических нормативов химических веществ.
5. Приоритетность микробиологических критериев безопасности перед химическими.

Требования [4] устанавливают верхние пределы содержания в питьевой воде химических веществ или биологических агентов, которые позволяют выдерживать гигиенические критерии ее качества.

Т а б л и ц а 5

**Основные показатели качества питьевой воды (СанПиН 2.1.4.1074–01
«Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды
централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»**

Запах и привкус	не более 2-х баллов
Цветность по платино-кобальтовой шкале	< 20° (35)
Мутность (количество взвешенных веществ)	< 1,5 мг/л (2)
Активная реакция — концентрация ионов водорода (pH)	6 < pH < 9
Общая минерализация (сухой остаток)	< 1000 мг/л (1500)
Жесткость общая – содержание солей Ca и Mg	< 7 мг- экв/л (10)
Нефтепродукты	< 0,1 мг/л
Железо	< 0,3 мг/л (1,0)
Марганец	< 0,1 мг/л (0,5)
Медь	< 1,0 мг/л
Фтор	0,7 – 1,5 мг/л
Свинец	не более 0,03 мг/л
Сульфаты	не более 500 мг/л
Хлориды	не более 350 мг/л
Содержание остаточного активного хлора	не менее 0,3 и не более 0,5 мг/л

Примечание. Величина, указанная в скобках, может быть установлена по постановлению главного государственного санитарного врача по соответствующей территории для конкретной системы водоснабжения на основании оценки санитарно-эпидемиологической обстановки в населенном пункте и применяемой технологии водоподготовки.

Выше были приведены предельнодопустимые концентрации (ПДК) некоторых веществ, установленные государственными стандартами и нормативными актами. Прокомментируем некоторые позиции, чтобы показать их обоснованность.

К **физическим** показателям качества воды относят температуру, запах, привкус, цветность, мутность. Они определяют **органолептические** качества воды.

Химические показатели характеризуют химический состав воды. К ним обычно относят: водородный показатель воды – pH, жесткость и щелочность, минерализацию (сухой остаток), содержание органических и неорганических веществ.

Эпидемические показатели. Санитарно-бактериологические показатели характеризуют общую бактериальную загрязненность воды, которая является идеальной средой для размножения бактерий, микробов: возбудителей брюшного тифа, паратифов, холеры, дизентерии, вирусного гепатита и т.д. В связи с обильным содержанием патогенных организмов анализ воды проводят по «показательным» микробам (к примеру, кишечной палочке).

Радиационная безопасность питьевой воды определяется ее соответствием нормативам по показателям общей альфа- и бета-радиоактивности.

Органолептические показатели

Запах воды может быть: болотный, гнилостный, сероводородный, ароматический, хлорный, фенольный, хлорфенольный, нефтяной и др.

Привкус воды может быть: кисловатым, солоноватым, горьковатым, сладковатым.

Наличие запахов и привкусов говорит о содержании (возможно, повышенном) в воде газов, минеральных солей, органических веществ, нефтепродуктов, микроорганизмов. Как правило, с повышением температуры запахи и привкусы усиливаются.

Цветность – окраска воды в тот или иной цвет. Свидетельствует о наличии в воде выше нормы высокомолекулярных соединений почвенного характера, железа в коллоидной форме.

Мутность – иначе *прозрачность*. Зависит от наличия в воде взвешенных частиц. Использование мутной воды для питьевого водоснабжения нежелательно и даже недопустимо.

Химические показатели. Общее число химических веществ, загрязняющих природные воды, оказывающих неблагоприятное воздействие на здоровье человека, в настоящее время превышает 50 000. Их содержание в воде строго регламентировано требованиями [4].

Водородный показатель pH – показатель концентрации в воде водородных ионов. Его величина характеризует фон водной среды: от кислого до щелочного. Изменение значения pH должно быть сигналом о нарушении технологического режима водоподготовки.

Общая минерализация (сухой остаток) – суммарная концентрация анионов, катионов и растворенных в воде органических веществ. Влияет на органолептические свойства воды (вкуса). По сухому остатку можно судить о

содержании в воде неорганических солей. Вода с повышенной минерализацией влияет на секреторную деятельность желудка, нарушает водно-солевое равновесие, в результате чего наступает рассогласование многих метаболических и биохимических процессов в организме.

Жесткость воды обусловлена наличием в ней катионов кальция и магния. Взаимодействуя с карбонатными ионами, при высоких температурах они образуют малорастворимые соли. Поэтому жесткие воды могут образовывать накипь и отложения на бытовой технике, котлах, трубопроводах горячей воды. При использовании жесткой воды для стирки белья ее необходимо предварительно умягчать. Установлена статистически достоверная связь между жесткостью воды и развитием сердечно-сосудистых заболеваний (частотой инфаркта миокарда). Есть предположение о роли жесткости воды в развитии мочекаменной болезни.

При содержании *фтора* в воде более 1,5 мг/л может развиваться флюороз, менее 0,7 мг/л – кариес зубов.

Чрезмерное содержание *молибдена* в воде приводит к увеличению содержания мочевой кислоты в крови и моче.

При низком поступлении в организм *йода* развивается эндемический зоб, внешне проявляющийся в увеличении размеров щитовидной железы.

Ртуть – токсичный элемент, наличие ее в воде приводит к болезни Минамата, для которой характерно поражение центральной нервной системы.

Алюминий нейротоксичен, способен накапливаться в нервной ткани, печени и, что особенно опасно, в жизненно важных областях головного мозга, приводя к тяжелым расстройствам функции центральной нервной системы.

Барий – высокотоксичное вещество. При поступлении в организм барий аккумулируется в костной ткани, что усугубляет его опасность для здоровья.

Бериллий – высокотоксичный и кумулятивный клеточный яд. Хорошо всасывается в желудочно-кишечный тракт. При поступлении в организм высоких концентраций бериллия с питьевой водой наблюдаются серьезные расстройства половой сферы у представителей обоих полов.

Мышьяк. Считается доказанной роль мышьяка, содержащегося в воде, в возникновении опухолевых заболеваний.

Нитраты и нитриты – нитраты в воде в 1,5 раза токсичнее нитратов содержащихся в овощах. Повышенное содержание нитратов в воде вызывает токсический цианоз. Всасывание нитратов приводит к повышению содержания метгемоглобулина в крови.

Свинец кумулятивен в костях. Поражает нервную систему, почки, приводит к раннему атеросклерозу, нарушению процесса образования эритроцитов. Детским организмом свинец усваивается в 3 – 4 раза интенсивнее, чем взрослым.

Медь придает воде неприятный вяжущий привкус.

Железо. Когда воду перекачивают насосом из закрытого подземного источника, она прозрачна и бесцветна. Но, по мере того как отдельные молекулы железа, находящегося в ней, собираются вместе, появляется характерный ржавый цвет (такую воду часто называют «красной водой» или

«ржавой водой»). В такой воде неизбежно образуются железобактерии – рассадник бактерий самого различного класса и уровня опасности для организма человека. По мере нарастания эти бактерии образуют красно-коричневые наросты, которые забивают трубы и снижают напор воды. Разлагающаяся масса этих бактерий является причиной неприятного запаха. Вода с повышенным содержанием железа имеет металлический привкус.

Даже при самом малом содержании железа (0,3 мг/л) вода оставляет ржавые пятна на любой поверхности. Железо добавляет много трудностей как в быту, так и в промышленности (особенно пищевой). Даже там, где концентрация железа низка, его ни в коем случае нельзя игнорировать. Наличие железа в воде представляет серьезную проблему еще и потому, что оно обладает большой химической повторяемостью элементов. Нерастворимые соединения железа могут образовывать илистые отложения в резервуарах, водонагревателях и других элементах систем.

Повышенное содержание железа в воде (а следовательно, в организме человека) является причиной серьезных аллергических заболеваний и болезней крови.

Марганец – спутник железа. Обычно его встречают в железосодержащей воде. Марганец, соприкасаясь с чем-либо, оставляет темно-коричневые или черные следы даже при его минимальных концентрациях в воде (0,05 мг/л). Собираясь в водопроводных трубах, марганец дает черный осадок, от чего вода становится мутной.

Повышенное содержание марганца отрицательно влияет на высшую нервную систему, систему кровообращения, на работу поджелудочной железы, провоцирует болезни эндокринной системы, увеличивает возможность заболеваний онкологического характера. Не случайно «Стандарт питьевой воды США» установил минимальную норму присутствия марганца в воде, равную 0,05 мг/л.

4. КОМПЛЕКС СООРУЖЕНИЙ ПО ОЧИСТКЕ ВОД ПРИРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ

4.1. Выбор метода обработки и состава сооружений

Воды источников водоснабжения подразделяются:

а) в зависимости от расчетной максимальной мутности (ориентировочно содержание взвешенных веществ) на:

маломутные – до 50 мг/л;

средней мутности – 50 – 250 мг/л;

мутные – 250 – 1500 мг/л;

высокомутные – св. 1500 мг/л;

б) в зависимости от содержания гумусовых веществ, обуславливающих цветность воды, на:

малоцветные – до 35°;

средней цветности – 35 – 120°;

высокой цветности – св. 120°.

Применение вод поверхностных источников для целей водоснабжения возможно только после проведения комплексных мероприятий по их очистке. Основные методы и состав сооружений по обработке вод природных источников приведены в табл. 6,7.

Выбор методов очистки и состав очистных сооружений зависит от ряда факторов:

- качества воды в источнике водоснабжения;
- назначения водопровода;
- производительности станции очистки;
- местных условий на основании опыта эксплуатации сооружений, работающих в аналогичных условиях;
- экологической и технико-экономической целесообразности применения тех или иных способов очистки.

Т а б л и ц а 6

Основные способы химической обработки воды

Показатели качества воды	Способ химической обработки	Рекомендуемые реагенты
Мутность	Коагулирование	Коагулянты (сернокислый алюминий, хлорное железо, оксихлорид алюминия и др.) Флокулянты (полиакриламид, активная кремневая кислота, ВПК-402)
Цветность, повышенное содержание органических веществ и планктона	Предварительное хлорирование, коагулирование Обработка флокулянтам Озонирование	Хлор, коагулянты Флокулянты Озон
Низкая щелочность, затрудняющая коагулирование	Подщелачивание	Озон, известь, соли
Привкусы и запахи	Углевание Предварительное хлорирование Предварительное хлорирование с преаммонизацией Обработка перманганатом калия Озонирование	Активированный уголь Хлор Хлор, аммиак Перманганат калия Озон

Продолжение табл. 6

Показатели качества воды	Способ химической обработки	Рекомендуемые реагенты
Нестабильная вода с отрицательным индексом насыщения (коррозионная)	Подщелачивание Подкисление Фосфатирование	Известь, сода Гексаметафосфат или триполифосфат натрия Кислоты (серная, соляная) Гексаметафосфат или триполифосфат натрия
Бактериальное загрязнение	Хлорирование	Хлор, гипохлориты, диоксид хлора
Недостаток фтора (менее 0,5 мг/л)	Озонирование УФ-излучение Фторирование	Озон Фтористый или кремнефтористый натрий, кремнефтористый аммоний, кремнефтористоводородная кислота
Избыток фтора (более 1,5 мг/л)	Аэрация Хлорирование Подщелачивание Коагулирование Обработка перманганатом калия Катионирование	Хлор Известь, сода Коагулянты Перманганат калия Катиониты
Избыток солей жесткости	Декарбонизация Известково-содовое умягчение	Известь, сода
Общее солесодержание выше нормы	Ионный обмен Электродиализ Дистилляция Гиперфильтрация и др.	
Содержание кремниевой кислоты	Коагулирование Магнезиальное обескремнивание Ионный обмен	Коагулянты Каустический магнезит, известь
Наличие сероводорода	Подкисление Аэрация Хлорирование Коагулирование	Кислота Хлор Коагулянты
Избыточный растворенный кислород	Связывание кислорода восстановителями	Сульфит или тиосульфит натрия, сернистый газ, гидразин

Рекомендуемые сооружения по обработке воды

Основные сооружения	Условия применения		
	мутность исходной воды, мг/л	цвет- ность исходной воды, град	произво- дитель- ность станции, м ³ /сут
Обработка воды с применением коагулянтов и флокулянтов			
1. Скорые фильтры (одноступенчатое фильтрование): а) напорные; б) безнапорные	до 30 до 20	до 50 до 50	до 5000 до 50000
2. Вертикальные отстойники – скорые фильтры	до 1500	до 120	до 5000
3. Горизонтальные отстойники – скорые фильтры	до 1500	до 120	свыше 30000
4. Контактные префильтры – скорые фильтры (двухступенчатое фильтрование)	до 300	до 120	любая
5. Осветлители со взвешенным осадком – скорые фильтры	не менее 50 до 1500	до 120	свыше 5000
6. Две ступени отстойников – скорые фильтры	более 1500	до 120	любая
7. Контактные осветлители	до 120	до 120	любая
8. Горизонтальные отстойники и осветлители со взвешенным осадком для частичного осветления воды	до 1500	до 120	любая
9. Крупнозернистые фильтры для частичного осветления воды	до 80	до 120	любая
10. Радиальные отстойники для предварительного осветления высокомутных вод	свыше 1500	до 120	любая
11. Трубчатый отстойник и напорный фильтр заводского изготовления (типа «Струя»)	до 1000	до 120	до 800
Обработка воды без применения коагулянтов и флокулянтов			
12. Крупнозернистые фильтры для частичного осветления воды	до 150	до 120	любая
13. Радиальные отстойники для частичного осветления воды	более 1500	до 120	любая
14. Медленные фильтры с механической или гидравлической регенерацией песка	до 1500	до 50	любая

В хозяйственно-питьевых водопроводах, использующих речную воду, на очистные сооружения возложены задачи осветления, фильтрации и обеззараживания воды. Попутно решаются задачи устранения из воды неприятных запахов и привкусов, вопросы умягчения воды (если это необходимо), устранение ее цветности.

Для подземных водоисточников наиболее характерны повышенное содержание железа, марганца, жесткость воды.

Очистные сооружения являются одним из составных элементов системы водоснабжения города и тесно связаны с ее остальными элементами. Очистные сооружения обычно стараются располагать в незначительном удалении от насосной станции первого подъема. Наибольшее распространение в практике водоочистки имеют схемы очистных сооружений с самотечным режимом движения воды по сооружениям.

При одноступенчатой схеме очистки воды (рис. 10, *а*) ее осветление осуществляется на фильтрах или в контактных осветлителях (без использования отстаивания).

На рис. 10, *б, в* представлены комплексы очистных сооружений, осуществляющих очистку воды для хозяйственно-питьевых целей по двухступенчатой технологической схеме.

Вода, подаваемая насосами насосной станции первого подъема, поступает в смеситель *1*, куда вводится раствор реагентов, необходимых для обеспечения процесса коагулирования. Из смесителя вода поступает на первую ступень очистки – осветление (отстаивание), представленную осветлителями со слоем взвешенного осадка *2* или камерами хлопьеобразования с отстойниками *9, 10*. Процесс обесцвечивания происходит одновременно с процессом коагулирования и осветления воды.

На второй ступени – фильтрах *3*, задерживаются остаточные загрязнения, т.е. происходит более глубокое осветление. Перед резервуарами чистой воды *4* в трубопровод вводится хлор для обеззараживания.

Основные очистные сооружения в зависимости от производительности станции располагаются отдельными блоками или объединяются. Кроме того, типы и конструкции этих сооружений зависят от климатических условий. В большинстве случаев все очистные сооружения выполняются из железобетона.

При проектировании комплекса очистных сооружений необходимо не только наметить их размещение на плане отведенной под строительство площадки, но и составить предварительную «высотную схему станции», т. е. установить предполагаемые отметки расчетных уровней воды во всех сооружениях. Рассмотрим более подробно сущность основных процессов водоочистки.

Окисление. Применяется на начальной стадии водоподготовки для *окисления органики, улучшения процесса хлопьеобразования и обесцвечивания воды, а также для улучшения санитарного состояния сооружений.* Используются *хлорсодержащие реагенты* с дозой 3–10 мг/л. Серьезным недостатком метода является высокая вероятность образования хлорорганических соединений, обладающих канцерогенными и мутагенными свойствами.

В настоящее время широкое распространение в качестве окислителя получило *озонирование*. Возможности метода достаточно универсальны, но, обладая рядом положительных свойств, озонирование не лишено и недостатков (высокая стоимость получения озона, токсичность, образование побочных продуктов – фенолов, формальдегида и т.д.). Озонирование осуществляется пропуском через воду озонированного воздуха, т. е. воздуха, в котором кислород частично переведен в трехатомную форму (O_3) с высокой

окислительной способностью. Озон в виде озono-воздушной смеси получают в электрических озонаторах из кислорода воздуха.

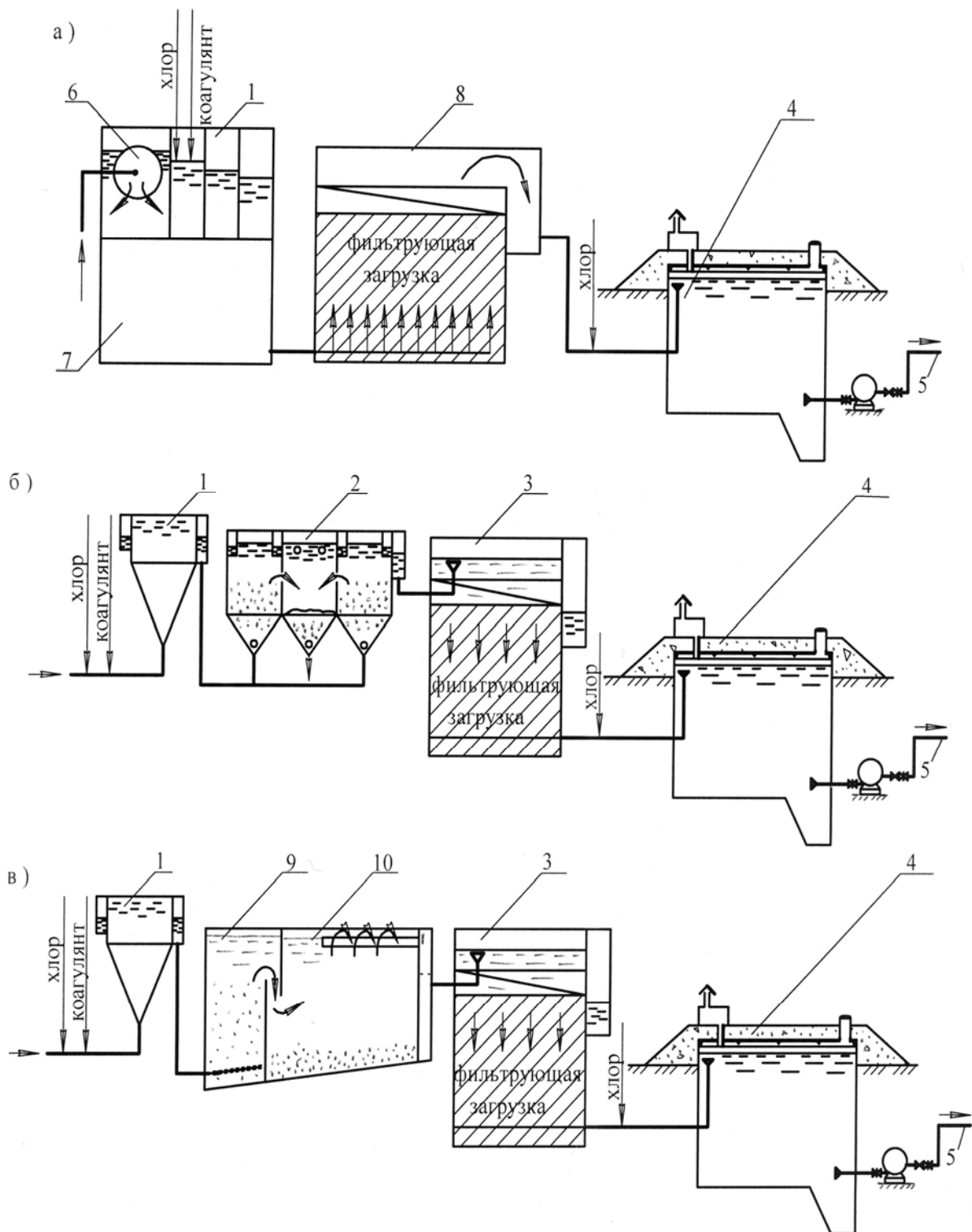


Рис. 10. Технологические схемы очистки воды для хозяйственно-питьевых целей:

а – одноступенчатая; б – двухступенчатая;

1 – вихревой смеситель; 2 – осветлитель со слоем взвешенного осадка; 3 – скорый фильтр;
4 – резервуар чистой воды; 5 – потребителю; 6 – барабанные сетки (микрофильтры);
7 – контактная камера; 8 – контактный осветлитель; 9 – камера хлопьеобразования;
10 – горизонтальный отстойник

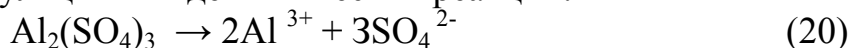
Коагулированием примесей называют процесс укрупнения мельчайших коллоидных частиц, происходящий вследствие их взаимного слипания под действием молекулярного притяжения.

Коллоидные частицы, содержащиеся в воде, имеют чаще всего отрицательный заряд и находятся во взаимном отталкивании, поэтому не оседают. Реагент (коагулянт), добавленный в воду, образует положительно заряженные ионы. Это способствует взаимному притяжению противоположно заряженных коллоидов и приводит, как показано на схеме, к образованию укрупненных частиц или, как их принято называть, «хлопьев» в камерах хлопьеобразования:

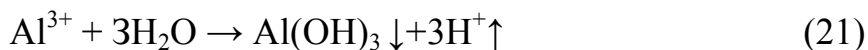


Таким образом, коагулирование примесей производят в целях **обеспечения** процессов осаждения взвеси. В качестве **коагулянтов** применяют *сернокислый алюминий* $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, *сернокислое железо* $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, *хлорное железо* FeCl_3 , *оксихлорид алюминия* (ОХА) и другие.

Опишем процесс коагуляции в виде химических реакций:



После введения в воду коагулянта катионы алюминия взаимодействуют с ней:



При недостаточной щелочности исходной воды для обеспечения процессов коагулирования производят **подщелачивание** воды *известью* $\text{Ca}(\text{OH})_2$ или *содой* Na_2CO_3 . Для **интенсификации** процессов коагуляции применяют специальные химические реагенты – **флокулянты** (*полиакриламид*, *активная кремнекислота*, ВПК-402 и др.), способствующие образованию крупных хлопьев.

В практике водоснабжения может применяться более десятка реагентов и для каждого проектируется свое отделение реагентного хозяйства. Реагенты, представляющие собой соли, могут храниться как в виде сухого вещества, так и в виде раствора («мокрое хранение»). Реагенты, являющиеся газами (хлор, аммиак, сернистый газ), могут храниться в сжиженном виде в баллонах или бочках.

Осветление – это процесс, результатом которого является удаление из воды содержащихся в ней взвешенных веществ и снижение цветности.

Фильтрация, в процессе которого вода проходит через слой мелкозернистого фильтрующего материала, является завершающим этапом освобождения воды от взвешенных веществ как природного происхождения, так и образовавшихся при ее реагентной обработке.

Обеззараживание воды в системах питьевого водоснабжения является последним барьером на пути возможной передачи болезнетворных микроорганизмов через воду потребителю, кроме этого защищает ее от внешнего воздействия и вторичного загрязнения при транспортировании по водопроводным сетям.

Для предотвращения коррозии трубопроводов и арматуры, а также выпадения в трубах солей и образования отложений осуществляют **стабилизацию** воды путем добавления в нее химических реагентов.

В ряде случаев применяется **специальная** обработка воды.

Рассмотрим принципиальные схемы работы ряда сооружений, широко используемых в практике очистки воды для хозяйственно-питьевых целей.

4.2. Условия применения, принцип работы основных сооружений станций водоподготовки

4.2.1. Смесители

Смесители предназначены для быстрого и равномерного распределения и интенсивного смешения реагента (коагулянта, флокулянта, окислительного агента и др.) с массой обрабатываемой воды. По принципу действия различают:

- **гидравлические** смесители (вихревые, перегородчатые, дырчатые, коридорные);
- **механические** смесители (турбинного, пропеллерного или лопастного типов). Действие основано на механическом перемешивании воды с введенным в нее реагентом. Применяются при обосновании.

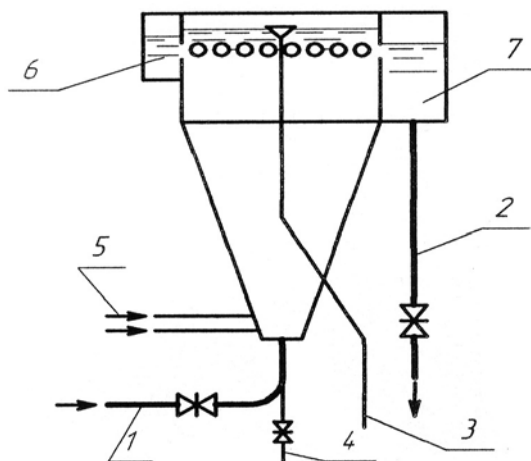


Рис. 11. Вихревой (вертикальный) смеситель:

1 – подача воды; 2 – отвод воды; 3 – перелив; 4 – опорожнение смесителя; 5 – ввод реагентов; 6 – периферийный лоток; 7 – сборный карман

Конструкция вихревого (вертикального) смесителя представлена на рис. 11.

Вихревые смесители могут быть квадратного или круглого в плане сечения с пирамидальной или конической нижней частью. Скорость входа воды в смеситель 1,2–1,5 м/с, угол между наклонными стенками 30–45°, время пребывания воды в смесителе не более 2 минут.

Дырчатые смесители (рис. 12) удачно komponуются с входными камерами в схемах одноступенчатой обработки воды. Смеситель данного типа представляет собой лоток с тремя дырчатыми перегородками, обеспечивающими турбулизацию потока воды и эффективность смешения.

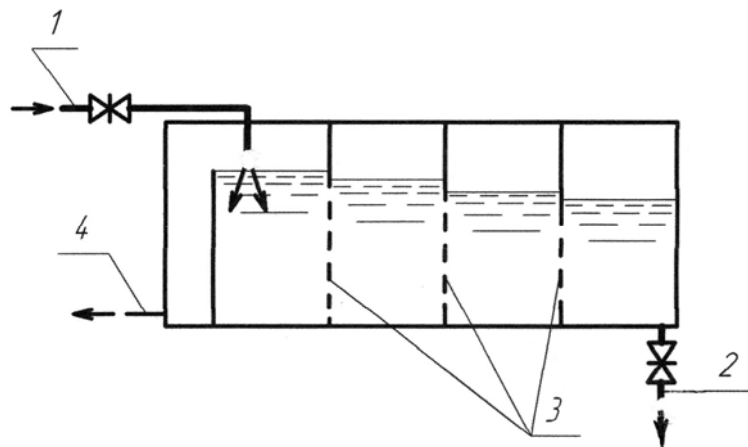


Рис. 12. Дырчатый смеситель:

1 – подача воды; 2 – отвод воды; 3 – дырчатые перегородки; 4 – отвод воды из переливного кармана

4.2.2. Камеры хлопьеобразования

Камеры хлопьеобразования предназначены для создания оптимальных условий образования достаточно крупных хлопьев взвеси, образующихся в процессе гидролиза коагулянтов.

Процесс хлопьеобразования хорошо протекает при плавном перемешивании воды. Скорость ее движения в камерах хлопьеобразования должна быть, с одной стороны, достаточной, чтобы не выпадали в осадок образовавшиеся хлопья, а с другой – не настолько большой, чтобы вызвать разрушение этих хлопьев. Для интенсивного осветления и обесцвечивания воды обычно стремятся получить легко оседающие крупные хлопья с сильно развитой поверхностью при минимальном времени их формирования. Механизм процесса хлопьеобразования определяется вероятностью столкновения коллоидных частиц, что зависит от их концентрации, подвижности и упорядоченности движения.

На размеры образующихся хлопьев в процессе медленного перемешивания обрабатываемой воды влияет его интенсивность и продолжительность, солевой состав воды и ее температура, природа примесей (коллоидные или диспергированные), а также силы адгезии, удерживающие

частицы примесей связанными между собой. При применении горизонтальных отстойников в схемах с реагентной обработкой воды рекомендуется устройство камер хлопьеобразования гидравлического типа. Для осветления высокомутных вод, при обосновании, допускается применение камер хлопьеобразования механического типа.

В горизонтальных отстойниках гидравлические камеры хлопьеобразования следует предусматривать со слоем взвешенного осадка, вихревые и перегородчатые.

С вертикальными отстойниками конструктивно объединяют водоворотные камеры хлопьеобразования, перед радиальными отстойниками камеры не устраивают.

В практике очистки воды средней мутности и мутных вод значительное распространение получили **встроенные камеры хлопьеобразования со слоем взвешенного осадка**. Их устраивают непосредственно в передней части горизонтальных отстойников.

Камеры представляют собой прямоугольные железобетонные резервуары (рис. 13) с вертикальными поперечными перегородками и пирамидально-гребенчатым дном.

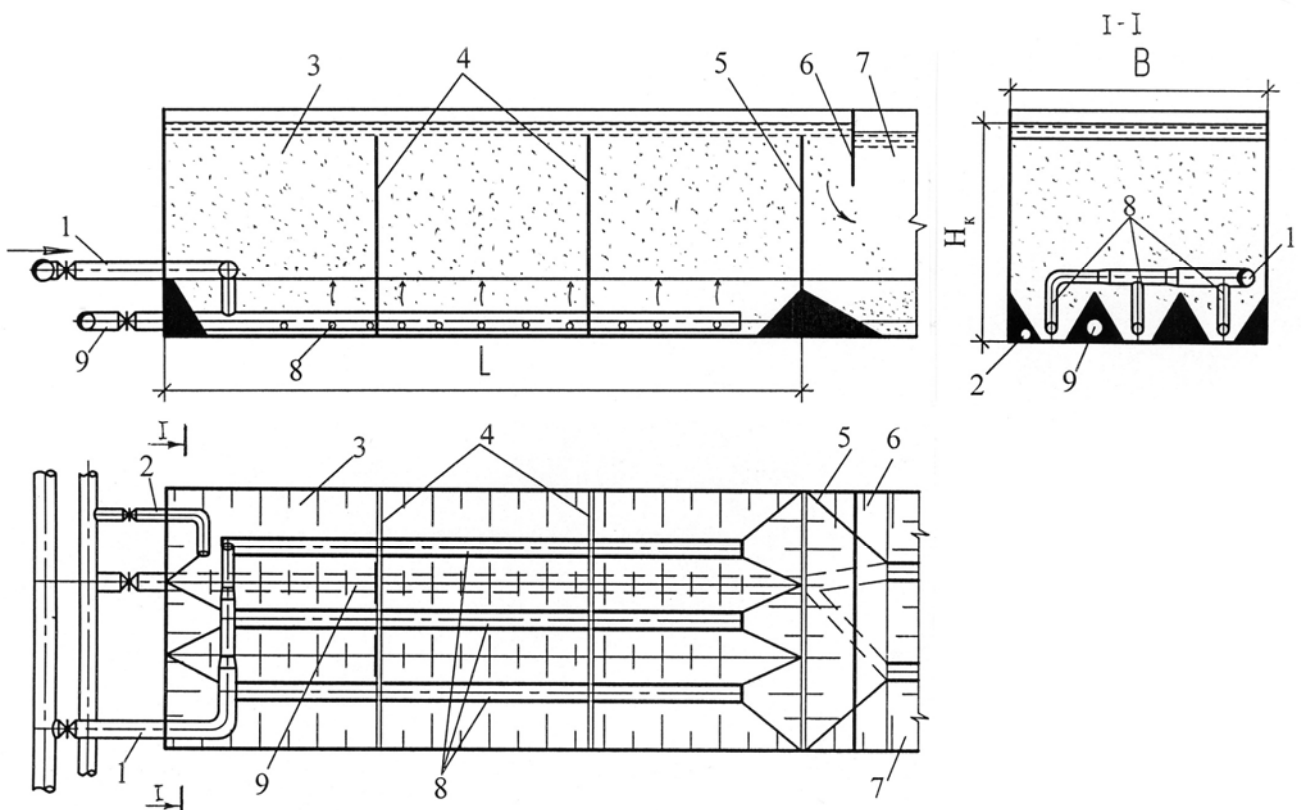


Рис. 13. Встроенная камера хлопьеобразования со слоем взвешенного осадка:

1 – подача воды; 2 – трубопровод опорожнения; 3 – камера хлопьеобразования; 4 – поперечные перегородки; 5 – водослив; 6 – полупогружная перегородка; 7 – горизонтальный отстойник; 8 – распределительные трубы; 9 – сброс осадка из отстойника

Распределение воды по площади камеры хлопьеобразования со взвешенным осадком предусматривают с помощью перфорированных труб с отверстиями, направленными вниз под углом 45° . Скорость движения воды в начале распределительных труб принимают $0,5\text{--}0,6$ м/с, площадь отверстий $30\text{--}40$ % площади сечения распределительной трубы, диаметр отверстий не менее 25 мм.

При скорости восходящего потока воды $0,65\text{--}2,2$ мм/с образуется и поддерживается во взвешенном состоянии слой осадка, частицы которого являются центрами коагуляции. Время пребывания воды в камере хлопьеобразования составляет, как правило, $20\text{--}50$ мин.

Вихревые камеры хлопьеобразования выполняются в виде железобетонных резервуаров пирамидального сечения. Принцип работы камеры состоит в перемешивании воды при ее движении снизу вверх вследствие значительного уменьшения скорости движения, вызванного резким увеличением площади поперечного сечения. Основным преимуществом такой камеры является то, что при наличии вихревого движения воды в ней процесс хлопьеобразования заканчивается в $2\text{--}4$ раза быстрее, чем в камере иного типа, что позволяет соответственно уменьшить объем камеры. Вихревые камеры хлопьеобразования (рис. 14) проектируют с вертикальными и наклонными стенками (угол между стенками следует принимать в зависимости от высоты камеры в пределах $50\text{--}70^\circ$). Время пребывания воды в камере $6\text{--}12$ мин.

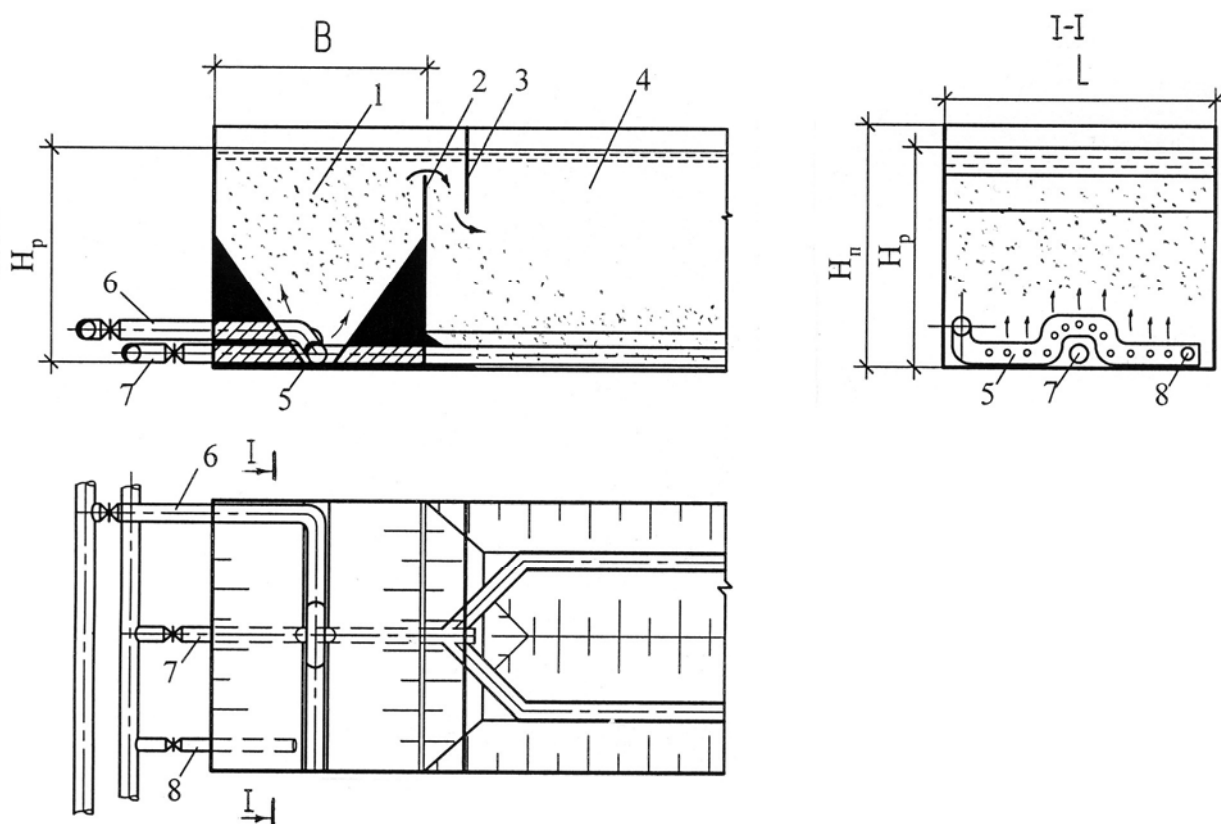


Рис. 14. Вихревая камера хлопьеобразования:

1 – камера хлопьеобразования; *2* – водослив; *3* – полупогружная перегородка; *4* – горизонтальный отстойник; *5* – распределительный трубопровод; *6* – подача воды; *7* – удаление осадка из отстойника; *8* – опорожнение камеры

Рекомендуемая скорость входа воды в камеры 0,7–1,2 м/с, скорость восходящего потока на выходе 4–5 мм/с.

Отвод воды из камер хлопьеобразования в отстойники должен осуществляться таким образом, чтобы не происходило разрушения сформировавшихся хлопьев.

Перегородчатая камера хлопьеобразования, применяемая с горизонтальными отстойниками, представляет собой прямоугольный железобетонный резервуар с перегородками, образующими 9–11 коридоров шириной не менее 0,7 м. Вода в камере медленно перемешивается путем многократного изменения направления движения в горизонтальной или вертикальной плоскости с уменьшающейся скоростью. Скорость движения воды в коридорах принимают 0,2 – 0,3 м/с в начале и 0,05 – 0,1 м/с в конце камеры за счет увеличения ширины коридора. Подключая к работе то или иное число коридоров, можно регулировать продолжительность пребывания обрабатываемой воды в камере в зависимости от ее качества в данный период.

Время пребывания воды в камере хлопьеобразования определяется по данным технологического анализа или из опыта эксплуатации сооружений, работающих в аналогичных условиях, ориентировочно рекомендуется принимать 20–30 мин.

При выполнении расчетной части следует учитывать примыкание камеры к торцевой части горизонтальных отстойников, поэтому ее длину рекомендуется принимать равной общей строительной ширине отстойников (или отдельной секции).

4.2.3. Сооружения для выделения из воды взвешенных веществ отстаиванием

Отстойники станций реагентного осветления и обесцвечивания воды предназначены для выделения из нее основной массы отработанного сорбента - хлопьев гидроокиси алюминия или железа вместе с частицами загрязнений.

Все современные конструкции отстойников, применяемые для осветления воды, являются проточными, т.е. осаждение взвеси в них происходит при непрерывном движении воды от входа к выходу. В этих условиях для того, чтобы осаждение взвеси было возможно, скорости движения воды в отстойниках должны быть весьма малы. При этом поток почти полностью теряет свою, так называемую «транспортную способность», обусловленную интенсивным турбулентным перемешиванием. Осаждение взвеси в потоке, движущемся с весьма малой скоростью, подчиняется, с известным приближением, законам осаждения в неподвижном объеме жидкости, хорошо изученным.

На водопроводных очистных сооружениях для осаждения взвеси используют *горизонтальные, вертикальные*, в отдельных случаях – *радиальные* отстойники.

При реагентном методе обработки воды схему с **горизонтальными отстойниками** и фильтрами следует предусматривать для станций производительностью более $30000 \text{ м}^3/\text{сут}$, при мутности исходной воды до 1500 мг/л и цветности до 120 градусов.

Горизонтальный отстойник (рис. 15) представляет собой железобетонный прямоугольный в плане резервуар с плоским перекрытием и наклонным дном, что облегчает очистку. Он может быть одно- или двухэтажным. Отстойник оборудуется водораспределительным и водосборным устройствами, трубопроводами для подвода осветляемой воды (при необходимости) и отвода осветленной воды, а также системой удаления осадка.

Для горизонтальных отстойников в климатических районах с продолжительными периодами устойчивых минусовых температур предусматривают утепление наружных стен в виде обваловки грунтом. В качестве утеплителей для перекрытий могут применяться искусственные материалы или грунт толщиной не менее $0,5 \text{ м}$. В перекрытии отстойников предусматриваются люки для спуска в отстойники, отверстия для отбора проб и вентиляционные трубы.

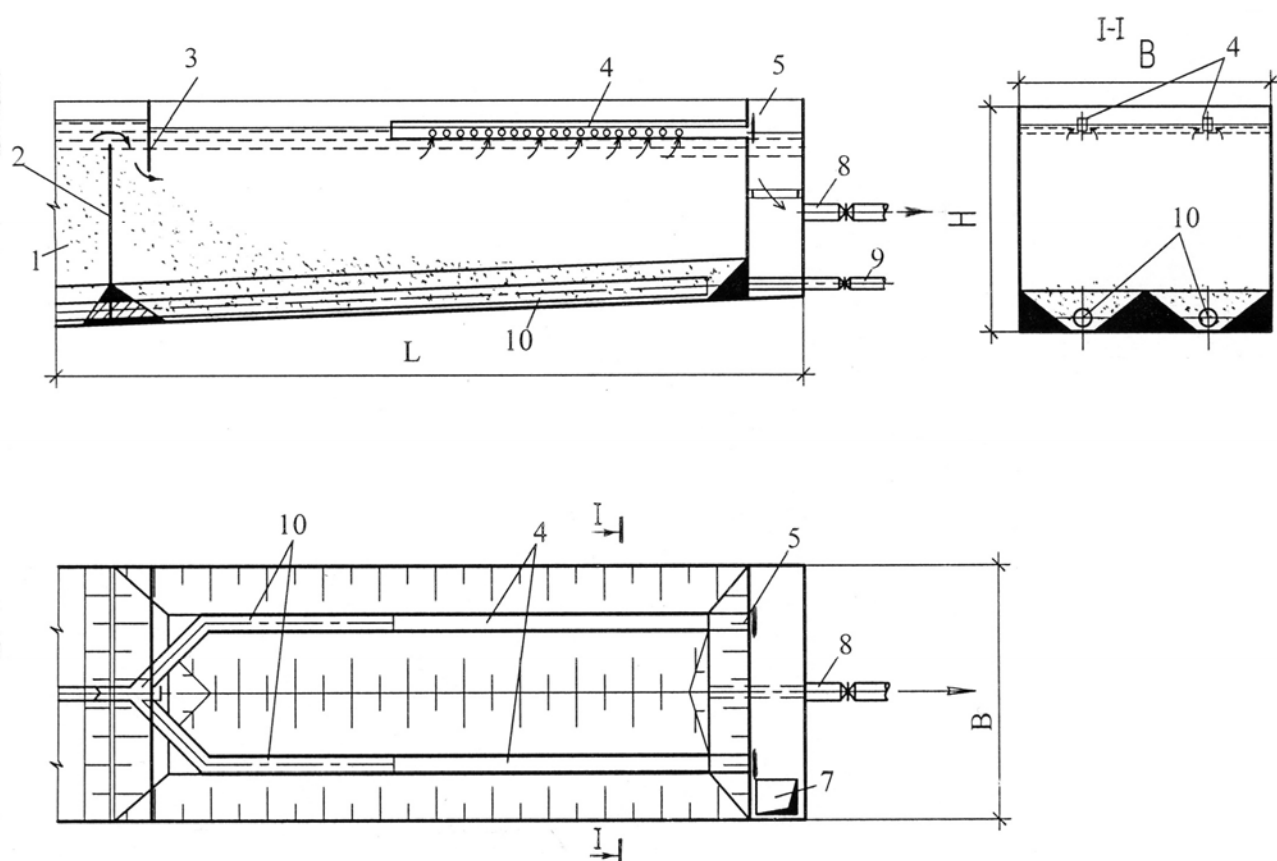


Рис. 15. Горизонтальный отстойник:

1 – камера хлопьеобразования; 2 – водослив; 3 – полупогружная перегородка; 4 – водосборные желоба; 5 – шибер; 6 – сборный канал; 7 – проем; 8 – отвод осветленной воды; 9 – опорожнение отстойника; 10 – система удаления осадка

Вертикальные отстойники с водоворотными камерами хлопьеобразования рекомендуется применять в качестве первой ступени на станциях реагентной очистки воды производительностью до 5 тыс. м³/сут, при мутности исходной воды до 1500 мг/л и цветности до 120 град.

Сооружения выполняются в виде круглого или квадратного в плане резервуара с коническим или пирамидальным днищем для накопления и уплотнения осадка (рис. 16).

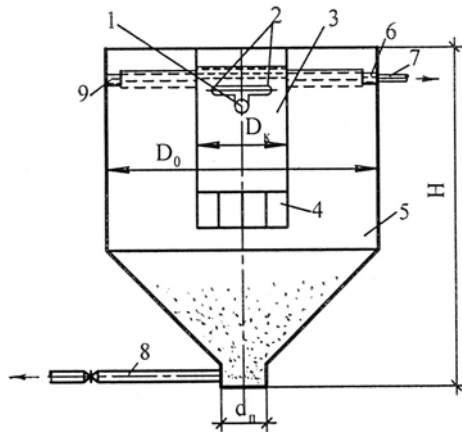
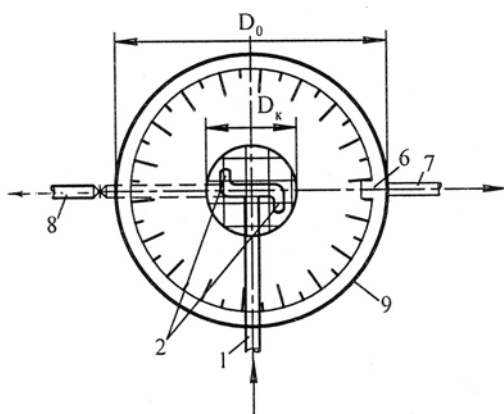


Рис. 16. Вертикальный отстойник с водоворотной камерой хлопьеобразования:

1 – подача воды; 2 – распределительные сопла; 3 – камера хлопьеобразования; 4 – решетки-гасители; 5 – вертикальный отстойник; 6 – сборный карман; 7 – отвод осветленной воды; 8 – удаление осадка; 9 – сборный кольцевой желоб



Сбор осветленной воды предусматривается периферийными и (при большой площади отстойника) радиальными желобами с затопленными отверстиями или треугольными водосливами.

Выпуск накопившегося и уплотненного осадка может производиться во время работы отстойника.

В центре предусматривается встроенная камера хлопьеобразования водоворотного типа, представляющая собой металлический или железобетонный цилиндр, в верхнюю часть которого поступает вода по трубопроводу, снабженному на конце соплами-насадками. Сопла направлены по касательной и закреплены в виде неподвижного сегнера колеса, благодаря чему создается вращательное движение воды, способствующее эффективному ее перемешиванию при движении сверху вниз. Для гашения вращательного движения воды при переходе в отстойник, которое могло бы ухудшить его работу, внизу камеры устанавливают гаситель в виде крестообразной решетки.

Радиальные отстойники применяются для станций любой производительности для частного или предварительного осветления высокомутных вод (мутность свыше 1500 мг/л) при цветности исходной воды до 120°. Отстойники данного типа могут использоваться как в технологических схемах с применением коагулянтов и флокулянтов, так и без них.

Широкое распространение радиальные отстойники получили также в оборотных системах для очистки воды от механических производственных примесей в металлургической, горной и других отраслях промышленности. Однако невозможность применения открытых радиальных отстойников при устойчивых отрицательных температурах наружного воздуха в зимний период ограничивает их применение.

Отстойник данного типа – круглый в плане заглубленный железобетонный резервуар (рис. 17), в центральную часть которого снизу подводится осветляемая вода.

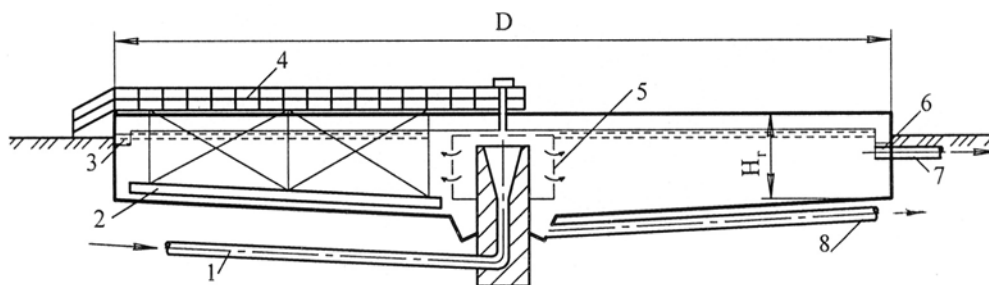


Рис.17. Радиальный отстойник:

1 – подача исходной воды; 2 – скребок; 3 – кольцевой лоток; 4 – вращающаяся ферма; 5 – водораспределительное устройство; 6 – сборный карман; 7 – отвод отстоянной воды; 8 – удаление осадка

Вода, подаваемая в радиальные отстойники, движется от центра к периферии (по радиусам).

Конически расположенные живые сечения общего радиального потока непрерывно увеличиваются, что при постоянстве его расхода означает такое же непрерывное уменьшение скоростей движения воды от центра к периферии. Такие гидравлические условия движения воды весьма благоприятны для отстаивания. Кроме того, преимуществами радиального отстойника является незначительная глубина (даже при больших производительностях) и возможность непрерывного механизированного удаления осадка. Для его удаления служит медленно вращающаяся металлическая ферма с укрепленными на ней скребками, сгребающими осадок к центру отстойника в грязевой приямок, откуда он непрерывно или периодически выпускается или откачивается. Одним концом ферма опирается на опору в центре отстойника, а другим – на тележку,двигающуюся по стенке отстойника.

Осветленная вода собирается кольцевым периферийным желобом с затопленными отверстиями или треугольными водосливами.

4.2.4. Осветление воды в слое взвешенного осадка

Осветлители широко распространены на городских, промышленных и теплоэнергетических водоочистных комплексах для осветления, обесцвечивания, умягчения, обесфторивания, обескремнивания и обезжелезивания воды.

Осветлители со слоем взвешенного осадка, применяемые как сооружения первой ступени водоподготовки, могут успешно работать только при условии предварительной обработки примесей воды коагулянтом или флокулянтом, при этом обеспечивают более высокий эффект осветления воды и имеют более высокую производительность, чем отстойники. Однако конструкция осветлителей с взвешенным осадком и их эксплуатация более сложны.

Достоинства осветлителей обусловлены наличием слоя взвешенного осадка (контактной среды), оказывающего существенное влияние на процессы водообработки, происходящие в ней:

- имеет большую развитую поверхность образующих ее частиц, оказывая благоприятное действие на процессы коагулирования, сорбции, адгезии продуктов процесса водообработки;
- способствует более равномерному распределению обрабатываемой воды по площади осветлителя и оказывает позитивное влияние на гидравлический режим и параметры потока (гасится его турбулентность, увеличивается коэффициент объемного использования и т.д.);
- резко улучшает гидравлическую характеристику взвеси. Скорость ее осаждения возрастает в 2–3 раза по сравнению со скоростью осаждения в отстойнике за счет увеличения размеров хлопьев и их плотности;
- значительно повышает эффект очистки воды (снижает остаточное содержание извлекаемых из воды примесей) за счет более полного использования применяемых реагентов и свойств контактной среды.

Недостатки осветлителей со слоем взвешенного осадка следующие:

- обязательное применение реагентов;
- высокая чувствительность к перегрузкам и изменениям температуры;
- сложность конструкции сооружений;
- эксплуатация требует высокой культуры обслуживания.

При реагентном методе очистки природной воды схему «осветлители с взвешенным осадком – скорые фильтры» следует предусматривать для станций производительностью более 5000 м³/сут, при мутности исходной воды от 50 до 1500 мг/л и цветности до 120 градусов. Кроме этого осветлители можно использовать для частичного осветления воды.

При предварительном выборе состава сооружений и наличии альтернативных решений следует учитывать особенности данной схемы. В частности, *при повышенном содержании в обрабатываемой воде железа, марганца целесообразно применять осветлители, так как наличие взвешенного слоя осадка является хорошим катализатором процессов и эффект очистки значительно повышается.*

Осветлители проектируются прямоугольной, квадратной или круглой в плане формы, с площадью, не превышающей, как правило, 120–150 м². Выполняются из сборного или монолитного железобетона или металла.

Наибольшее применение в типовом проектировании получили осветлители коридорного типа с вертикальными осадкоуплотнителями (рис. 18).

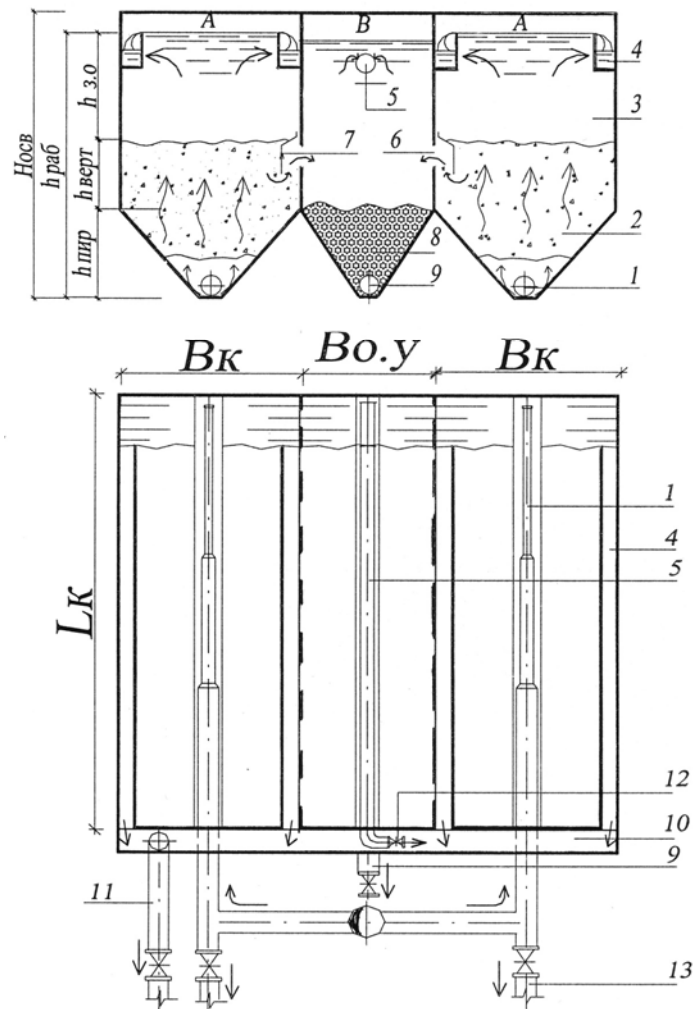


Рис.18. Схема коридорного осветлителя:

A – рабочие коридоры; *B* – осадкоуплотнитель; 1 – перфорированные водораспределительные трубы; 2 – слой взвешенного осадка; 3 – зона осветления воды; 4 – сборные желоба; 5 – отвод осветленной воды из осадкоуплотнителя; 6 – осадкоприемные окна; 7 – защитные козырьки; 8 – слой уплотненного осадка; 9 – сброс осадка; 10 – сборный канал; 11 – отвод воды на фильтры; 12 – задвижка, регулирующая отсос избытка осадка; 13 – опорожнение рабочих коридоров

Осветлители этого типа представляют собой прямоугольные в плане железобетонные резервуары, разделенные перегородками на коридоры. Между двумя секциями со слоем взвешенного осадка расположена секция осадкоуплотнителя. Для улучшения гидродинамических условий работы взвешенного слоя нижние части конструкций выполнены с наклонными стенками, что позволяет повысить на этом участке скорость восходящего потока воды в 7–8 раз по сравнению с расчетной скоростью движения потока в верхнем сечении. В результате этого во взвешенный слой попадают более крупные частицы, обычно отлагающиеся на дне и обуславливающие заиливание всего сооружения.

Смешанная с введенными реагентами вода равномерно распределяется по длине рабочих камер при помощи уложенных по дну дырчатых труб телескопической формы. Осветленная вода отбирается через треугольные

водосливы или затопленные отверстия в желобах, расположенных вдоль коридоров освещения и поступает в общий сборный канал, из которого отводится по трубопроводам на фильтры. Для обеспечения принудительного отсоса избытка осадка из взвешенного слоя через окна в осадкоуплотнители осуществляется постоянный отбор из их верхней части осветленной воды посредством затопленных дырчатых труб, подключенных к общему каналу осветлителей. При помощи регулирующих задвижек обеспечивают такой отбор воды из осадкоуплотнителей, чтобы уровень воды в них был несколько ниже, чем уровень воды в осветлителях. Частицы взвеси, поступающие в осадкоуплотнитель, под влиянием силы тяжести выпадают на дно. Уплотненный осадок выпускается по уложенным у дна дырчатым трубам на сооружения обработки осадка или в водосток.

Прямоугольная форма осветлителей обуславливает простоту их компоновки в пределах водоочистного комплекса.

В экспериментальном порядке разработано большое количество конструкций осветлителей как отечественных, так и зарубежных, однако типовым проектированием их использование не предусматривается и в данной работе они рассматриваться не будут.

4.2.5. Фильтрация воды

Количество взвешенных веществ в воде после ее осветления в отстойнике или осветлителе со взвешенным осадком составляет примерно 8 – 15 мг/л.

Фильтрация воды через зернистые материалы позволяет улучшить ее качество и довести их до требуемых стандартов, позволяющих использовать ее для питьевых целей. Слой фильтрующего мелкозернистого материала задерживает содержащиеся в воде частицы мелкой взвеси. В качестве фильтрующего материала применяют кварцевый песок, дробленый керамзит, антрацит и другие материалы. Выбор той или иной системы фильтров определяется технологическими и технико-экономическими показателями. **Медленные фильтры** могут применяться для фильтрации не коагулированной воды, содержащей относительно мелкую взвесь. Скорость фильтрации принимается при этом равной 0,1 – 0,2 м/ч. Фильтры, работающие по принципу скорого фильтрации – **«скорые открытые фильтры»**, широко применяются в практике очистки воды. Скорость фильтрации составляет 5–10 м/ч в зависимости от типа фильтров и крупности зерен загрузки. Движение воды через них происходит под напором, равным разности отметок уровней воды в фильтре и на выходе из него. Они используются для фильтрации мутных и цветных вод после их коагулирования и отстаивания. В **сверхскоростных напорных фильтрах** движение воды через фильтрующую загрузку происходит под напором, создаваемым насосами. **Крупнозернистые скорые фильтры** применяют для частичного осветления воды, используемой для технических целей. В последние годы стали применять двухслойные фильтры, загружаемые сверху на высоту 400–500 мм дробленым антрацитом, а

ниже на высоту 700–800 мм кварцевым песком. Такие фильтры обладают большой грязеемкостью и производительностью.

Рассмотрим принцип работы скорого открытого фильтра (рис. 19). Вода поступает в фильтр через карман 3, проходит через слой фильтрующей загрузки 1 и поддерживающий слой гравия 2. Профильтрованная вода отводится через дренажные устройства 5, расположенные в нижней части фильтра. Расчетная скорость фильтрования, высота фильтрующей загрузки зависят от крупности зерен последней и принимаются по табл. 21[1].

Поддерживающий гравийный слой предотвращает вынос фильтрующего материала в дренажно-распределительную систему. Этот слой устраивают высотой 500–600 мм из частиц крупностью 2–40 мм.

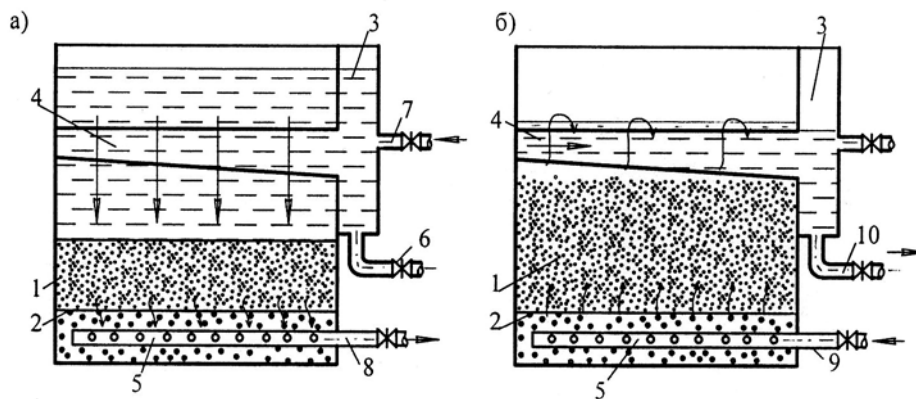


Рис. 19. Схема скорого однопоточного фильтра:

а – при фильтровании воды; б – при промывке фильтра; 1 – фильтрующий слой; 2 – поддерживающий слой гравия; 3 – сборный карман; 4 – сборные желоба; 5 – дренажно-распределительная система; 6 – задвижка; 7 – подача воды на фильтрование; 8 – отвод фильтрата; 9 – подача промывной воды; 10 – отвод промывной воды

Промывку скорых фильтров производят, исходя из опыта их эксплуатации, 1–3 раза в сутки (в паводки чаще). При этом промывку фильтрующего материала осуществляют обратным током чистой воды, подаваемой снизу через дренаж 5. При промывке фильтр выключается из работы. Промывка длится 5–7 мин. Скорость промывки фильтра в несколько раз больше скорости фильтрования. Вода взмучивает загрузку и интенсивно промывает ее от поступивших в процессе фильтрования загрязнений. Промывная вода отводится через желоба 4 и трубопровод 10 на обработку.

Контактные осветлители (рис. 20) по устройству аналогичны скорым фильтрам и являются их разновидностью.

Этот метод осветления применим только при условии предварительной обработки воды (введение коагулянта) и малых концентрациях взвеси. Контактная коагуляция протекает в зернистой загрузке при движении воды снизу вверх. При этом мельчайшие коллоидные и взвешенные частицы, проникающие в толщу слоя с потоком фильтруемой жидкости, сближаются с поверхностью зерен загрузки и прилипают к ним и к ранее прилипшим частицам, образуя вокруг каждого зерна скопление геля. Таким образом, отделение твердой фазы обрабатываемой воды от жидкости происходит под

действием молекулярного притяжения между мельчайшими частицами взвеси и зернами фильтрующего материала. К достоинствам следует отнести сокращение доз коагулянта на 10 – 20 %.

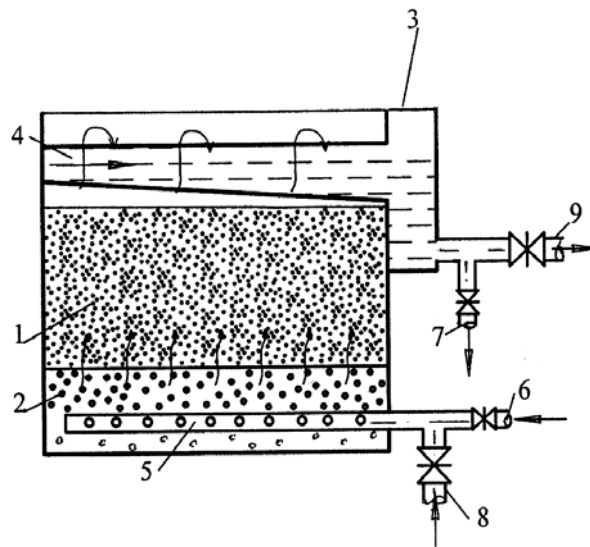


Рис. 20. Схема контактного осветлителя:

1 – фильтрующий слой; 2 – поддерживающий слой гравия; 3 – сборный карман; 4 – сборные желоба; 5 – распределительная система; 6 – подача воды на фильтрование; 7 – отвод фильтрата; 8 – подача промывной воды; 9 – отвод промывной воды

При применении **контактной коагуляции** отстаивание не требуется. Однако в схеме одноступенчатой очистки воды обязательно устройство входных камер, как правило, совмещенных с барабанными сетками или микрофильтрами.

4.2.6. Технология обеззараживания воды

В результате осветления и фильтрования из воды удаляется до 95 % бактерий. Для уничтожения оставшихся в воде болезнетворных бактерий, главным образом патогенных, воду обеззараживают.

Наиболее распространенным методом обеззараживания воды перед ее подачей в хозяйственно-питьевые водопроводы является хлорирование.

Для этого используются жидкий хлор, гипохлорит натрия, хлорная известь (для станций небольшой производительности).

При обработке воды хлором большинство бактерий погибают в результате окисления веществ, входящих в состав протоплазмы клеток. Правильное назначение дозы хлора является исключительно важным. Недостаточная доза хлора может привести к тому, что он не окажет необходимого бактерицидного действия, излишняя – ухудшит вкусовые качества воды. Расчетная доза хлора при проектировании обеззараживающей установки должна приниматься исходя из необходимости очистки воды в период ее максимального загрязнения (например, в период паводков).

Показателем достаточности принятой дозы хлора является наличие в воде остаточного хлора, концентрация которого для питьевой воды составляет 0,3 – 0,5 мг/л.

Хлорирование воды производится перед ее поступлением в резервуар чистой воды, где она контактирует с ним не менее 30 мин.

При использовании жидкого хлора процесс обеззараживания осуществляют с помощью хлораторов напорного или вакуумного типов. Недостатком напорных хлораторов является возможность утечки из них хлора. Эта опасность устранена в вакуумных хлораторах. Поэтому они наиболее часто используются в установках для обеззараживания воды.

Метод обеззараживания воды бактерицидным облучением осуществляется с использованием ультрафиолетовых лучей, обладающих бактерицидными свойствами. В качестве источника излучения применяют ртутно-кварцевые лампы высокого и низкого давления. Этот метод, как правило, применяют для небольших количеств воды поверхностных и подземных источников.

4.3. Резервуары для воды

В комплекс сооружений водоснабжения входят регулирующие и запасные емкости – резервуары различных типов для хранения и аккумуляции воды.

Резервуары подразделяются по назначению, вертикальной привязке, принципу работы, конструктивным особенностям и форме.

По назначению емкостные сооружения делятся на резервуары для хранения регулирующих, противопожарных, технологических и аварийных запасов воды, а также их сочетаний.

По вертикальной привязке резервуары проектируют подземными, полузаглубленными и наземными.

В зависимости **от высотного расположения** – напорными (активными) и безнапорными (пассивными), т.е. такими, из которых вода может поступать в систему лишь путем перекачки ее насосами.

Резервуары могут выполняться из **сборного, монолитного и сборно-монолитного железобетона**. При строительстве резервуаров применяется как обычный, так и предварительно напряженный железобетон.

Форма резервуаров и габаритные размеры определяются технологическими и технико-экономическими расчетами. Железобетонные резервуары проектируют в основном цилиндрической или прямоугольной в плане формы.

Режим работы системы водоснабжения в целом и отдельных ее элементов и сооружений зависит от режима водопотребления.

Важную роль при проектировании станций водоподготовки играют резервуары чистой воды (РЧВ), предназначенные для **увязки** работы станции водоподготовки и насосной станции 2-го подъема, а также хранения объемов воды различного назначения. Кроме этого, в условиях возрастающего экологического прессинга высока вероятность временного техногенного загрязнения водного источника. При достаточной емкости РЧВ на время

пробега «пятна загрязнений» забор воды из реки может быть временно прекращен, при этом потребители обеспечиваются водой путем сработки резервуаров. Резервуары позволяют увеличить надежность, бесперебойность и безопасность водоснабжения населения питьевой водой.

В связи с тем, что при очистке воды используются сложные физико-химические процессы, а также из экономических соображений режим работы очистных сооружений и элементов системы, расположенных в технологической цепочке водоснабжения объекта до них, принимают равномерным в течение суток. Расчетным для них является среднечасовой расход воды в сутки максимального водопотребления с учетом расходов воды на собственные нужды. Исключение составляют станции производительностью до $5000 \text{ м}^3/\text{сут}$, для которых допускается предусматривать работу в течение части суток.

Запасные и регулирующие емкости должны обеспечивать оптимальный технологический режим сооружений по обработке и подаче воды от источника водоснабжения до водоводов, по которым вода подается потребителю.

Таким образом, режим работы РЧВ является производным от режима работы очистных сооружений и насосной станции второго подъема, который, в свою очередь, стремятся приблизить к режиму водопотребления.

Наибольшее применение в отечественной практике проектирования получили железобетонные сооружения систем водоснабжения для хранения чистой воды и противопожарного водоснабжения (рис. 21).

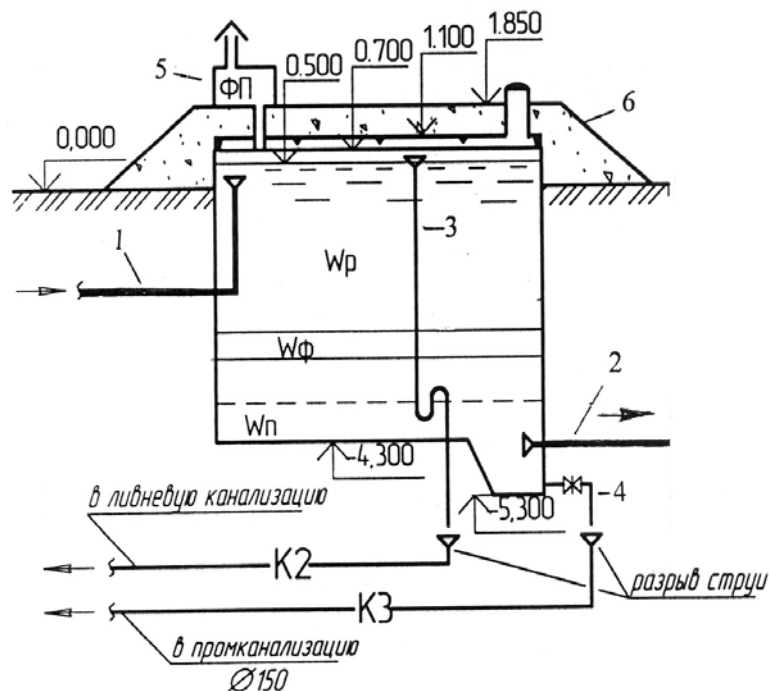


Рис. 21. Резервуар чистой воды:

1 – подающий трубопровод; 2 – отводящий трубопровод; 3 – перелив с гидрозатвором; 4 – спускной (грязевой) трубопровод; 5 – вентустройство; 6 – обваловка

В процессе проектирования таких сооружений особое внимание уделяется выбору конструктивных форм, геометрических параметров, основных строительных материалов, технологии изготовления и возведения конструкций.

В практике строительства большая часть инженерных сооружений выполняется с использованием типовых железобетонных конструкций и изделий массового заводского изготовления с целью **унификации**, позволившей создать ограниченную номенклатуру сборных конструкций емкостных сооружений.

Резервуары чистой воды **оборудуются**:

- подводящим (подающим) трубопроводом;
- отводящим трубопроводом;
- переливным устройством;
- спускным (грязевым) трубопроводом;
- вентиляционным устройством с системой очистки воздуха;
- промывочной системой (переносной или стационарной);
- устройствами для автоматического измерения и сигнализации уровня воды в резервуаре;
- люками-лазами;
- ходовыми скобами или лестницами-стремянками.

Эксплуатация подземных резервуаров коммунального водоснабжения осуществляется организациями ВКХ и регламентируется [8]. В процессе хранения воды ее качество должно соответствовать требованиям [4]. При эксплуатации РЧВ необходимо: производить систематический контроль за качеством поступающей и выходящей воды; осуществлять наблюдение за уровнями воды в резервуарах; следить за исправностью запорно-регулирующей арматуры, трубопроводов, люков, фильтров-поглотителей; периодически очищать и промывать резервуары; проводить испытания на утечку; проверять наличие активного обмена воды в резервуаре; вести надзор за состоянием и принимать меры к предотвращению инфильтрации воды в резервуар через стены и перекрытия.

Место расположения резервуаров питьевой воды включается в зону строгого режима, допуск к резервуарам посторонних лиц категорически запрещается. Все лазы и люки камер переключения задвижками должны находиться в закрытом опломбированном представителями охраны состоянии. Допуск и порядок входа в резервуар устанавливаются местной инструкцией, территория, где располагаются резервуары, должна быть хорошо освещена в ночное время.

Резервуар следует очищать от осадка, обрастаний, песка не реже одного раза в год. При ухудшении физико-химических и бактериологических показателей качества воды очистку и промывку производят чаще.

Допуск в резервуар людей разрешается с соблюдением особых санитарных мер и только с разрешения начальника станции и представителя санитарно-эпидемиологической службы. Перед началом очистки или ремонта вода из резервуаров сливается, задвижки на трубопроводах закрываются и

опломбировываются. Рабочие, производящие работу по очистке и ремонту резервуара, одеваются в специальную одежду (резиновые сапоги, чистую спецодежду). При выходе из резервуара спецодежда должна быть обязательно снята. На время работ в резервуаре перед входом в него устанавливается бачок с раствором хлорной воды для обмывания резиновой обуви. Вносимый в резервуар инструмент, метлы, щетки и другой инвентарь должны хлорироваться 1%-ным раствором хлорной извести. Выполненные работы по очистке и ремонту резервуара оформляются актом, в котором указываются время снятия пломб с затворов резервуара, время начала и окончания работ по обеззараживанию, характеристика санитарно-технического состояния резервуара, перечисляются лица, ответственные за выполнение работ и исполнители.

Очищенные резервуары вводятся в эксплуатацию после их обеззараживания раствором хлора или хлорной извести. Для резервуаров большой вместимости обеззараживание осуществляется методом орошения с концентрацией активного хлора 200–250 мг/л (из расчета 0,3–0,5 л на 1 м² поверхности резервуаров), для резервуаров малой емкости – объемным способом с концентрацией активного хлора 75–100 мг/л при контакте 5–6 часов (или 20–25 мг/л – при суточном контакте). Работа производится в противогазе при искусственном освещении.

Через 1–2 ч после дезинфекции резервуар промывают фильтрованной водой. В работу он может быть пущен после не менее чем трех удовлетворительных бактериологических анализов, производимых с интервалом времени полного обмена воды между взятием проб. Администрация организации ВКХ обязана сообщить местным органам госсанэпиднадзора об окончании работ по очистке или ремонту резервуара. Один раз в два года производят испытание подземных резервуаров на утечку воды из них с определением ее величины.

Резервуары чистой воды должны быть оснащены указателями уровней воды.

5. УСТРОЙСТВО НАРУЖНОЙ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ ГОРОДА И ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К НЕЙ

Водопроводная сеть является одним из основных элементов системы водоснабжения и неразрывно связана с работой водоводов, насосными станциями, подающими воду в сеть, а также с регулирующими емкостями (водонапорными башнями и резервуарами). Наружная водопроводная сеть в отличие от водоводов не только транспортирует воду, но и распределяет ее потребителям. До 60 % стоимости сооружений систем водоснабжения городов приходится на долю устройства наружной водопроводной сети.

Водопроводная наружная сеть должна удовлетворять следующим **основным требованиям**:

- обеспечивать подачу заданного количества и качества воды потребителям под требуемым напором;

- обеспечивать экологическую надежность и бесперебойность снабжения водой потребителей (с учетом перспектив их роста);
- быть экономичной.

Все эти требования достигаются решением следующих **основных задач**:

- выбором экологически чистого, экономичного и надежного материала труб;
- правильным выполнением гидравлического расчета сети (определение экономически выгодных диаметров труб и подбор оборудования);
- выбором оптимальной конфигурации наружной водопроводной сети в плане.

Наружная водопроводная сеть состоит из:

- системы **магистральных линий**, направленных по движению основных масс воды, транспортирующих воду в районы и кварталы города (диаметры линий рассчитываются);
- **распределительной внутриквартальной сети** труб, подающих воду к группе или отдельным домам и пожарным гидрантам (диаметры труб принимаются по величине пропускаемого пожарного расхода).

В практике водоснабжения используют два основных вида сетей: разветвленные (**тупиковые**) (рис. 22, а) и **кольцевые** (рис. 22, б). Последние представляют собой систему замкнутых контуров или колец.

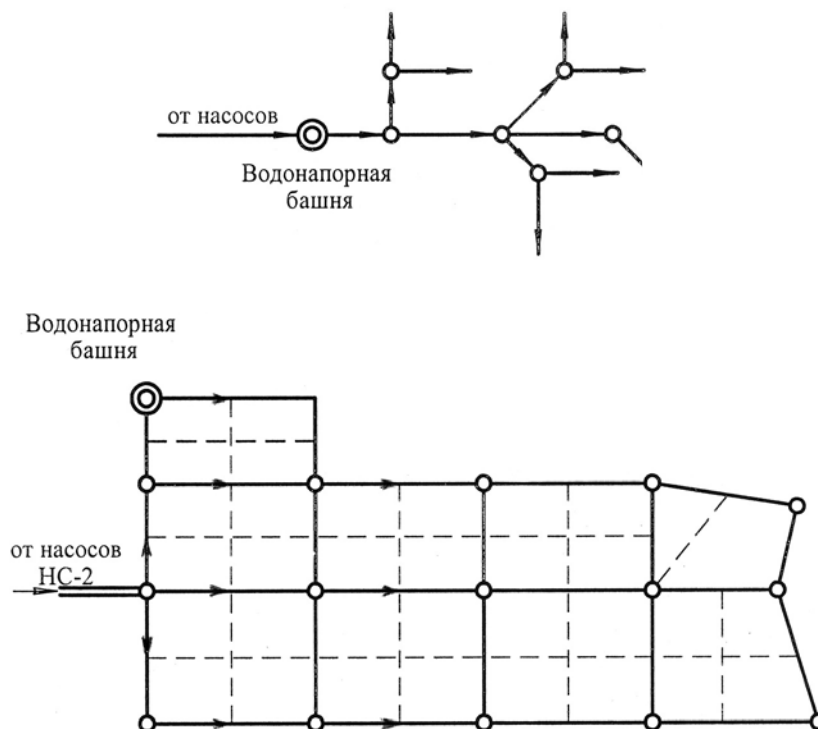


Рис. 22. Виды водопроводных сетей:

а – тупиковые сети; б – кольцевые сети

- магистральные трубопроводы
 ----- внутриквартальные сети

Однако в отношении надежности и обеспечения бесперебойной подачи воды потребителям эти типы сетей не равноценны. Авария и выключение на ремонт любого участка тупиковой сети ведут к прекращению подачи воды всем потребителям, расположенным за местом аварии по направлению движения воды. В кольцевой же сети при аварийной ситуации вода может быть подана в обход по параллельно расположенным линиям. При этом нарушается снабжение водой только тех потребителей, которые присоединены к выключенному ремонтному участку. Кроме того, тупиковая сеть гидравлически несовершенна из-за значительных потерь напора ввиду смены диаметров труб, вероятности гидравлических ударов, которые иногда возникают в водопроводных сетях. Применяется ограниченно (в небольших поселках, для снабжения водой отдаленных районов города или отдельных объектов). Кольцевая сеть гидравлически более совершенна, однако общая протяженность кольцевой сети всегда больше, чем разветвленной (для того же объекта), и поэтому ее строительная стоимость выше.

При трассировке (расположении) магистралей стремятся к тому, чтобы подача воды в отдельные районы города и к отдельным крупным потребителям происходила кратчайшим путем. Трассировку трубопроводов начинают только после того, как определено место расположения напорно-регулирующих емкостей. Магистральные линии, по возможности, прокладывают по наиболее возвышенным точкам рельефа, что позволяет обеспечить меньшее давление в трубах. Их прокладывают на расстоянии 400–800 м друг от друга. Магистральные линии соединены между собой так называемыми **перемычками**, предусмотренными через каждые 600–1000 м, которые служат для перераспределения воды и при нормальной работе сети загружены слабо.

При гидравлическом расчете кольцевых сетей наиболее трудоемкой частью расчета является **увязка** сети с определением свободных напоров в расчетных точках.

5.1. Материал водопроводных труб и типы их соединений

В современной практике строительства наружных водопроводов применяется широкий диапазон материалов для изготовления водопроводных труб.

На выбор типа материала труб существенное влияние оказывают следующие факторы:

- экология района прокладки: сейсмичность, коррозионная активность грунта, санитарные условия, агрессивность грунтов и воды, климатические условия, гидрогеология грунтов, их механическая прочность;
- сроки эксплуатации труб;
- статические расчеты: внутреннего гидростатического давления в трубах, массы грунта и временных нагрузок, возможности образования вакуума.

Трубы должны легко и быстро монтироваться на строительной площадке и удовлетворять требованиям наибольшей экономичности.

Чугунные раструбные трубы (ГОСТ 9583 – 75*) с противокоррозионным покрытием, выполненным в заводских условиях, широко применяются при устройстве наружных водопроводов. Они долговечны, но плохо сопротивляются динамическим нагрузкам, обладают большой массой. Соединяются с помощью резиновых уплотнительных колец, манжет и заделкой раструба льняной прядью и асбестоцементным раствором. Значительно эффективнее применение в системах водоснабжения труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. **Стальные трубы** электросварные (ГОСТ 10704 – 91*, 8696 – 74*) в системах водоснабжения применяют в основном для водоводов, работающих при значительных внутренних давлениях, а также для водопроводных линий при их укладке в сейсмических районах, при устройстве дюкеров. Соединяются посредством болтовых фланцевых соединений или на сварке.

Асбестоцементные трубы (ГОСТ 539 – 80*) прочны, стойки к коррозии, малотеплопроводны, имеют незначительную массу, но плохо сопротивляются ударам, динамическим нагрузкам и не экологичны. Соединяются с помощью асбестоцементных и чугунных муфт и резиновых колец. **Железобетонные напорные трубы** (ГОСТ 12586.01 — 83*) изготавливаются в большом диапазоне диаметров на различные внутренние давления, широко применяются для прокладки водоводов.

Полиэтиленовые трубы (ГОСТ 18599 – 83*) и трубы из непластифицированного поливинилхлорида **НПВХ** (ГОСТ Р 51613-2000) стойки против коррозии, обладают небольшой массой, достаточно механически прочны, долговечны, но имеют большой коэффициент линейного расширения.

При проектировании наружного водопровода в настоящее время ориентируются на применение напорных железобетонных и полиэтиленовых труб.

5.2. Арматура и колодцы на водопроводных сетях.

Глубина заложения труб

На наружных водопроводных сетях для обеспечения их правильной и надежной эксплуатации применяется **запорно-регулирующая, предохранительная и водоразборная** арматура. **Запорно-регулирующая** арматура (задвижки, поворотные затворы), установленная на водопроводных линиях, степенью открытия позволяет изменять расход воды в линиях или совсем прекращать в них движение воды для выключения на ремонт отдельных участков. Чтобы снизить возможность возникновения в трубах гидравлических ударов, устройство всей применяемой на сети запорной арматуры основано на принципе их постепенного закрывания. Устанавливается в колодцах.

К **предохранительной** арматуре относят предохранительные, редуцирующие, обратные клапаны, вантузы для выпуска воздуха, клапаны для впуска воздуха, компенсаторы.

Предохранительные клапаны не допускают повышения давления в сети сверх допустимого.

Редукционные клапаны служат для понижения давления на отдельных участках сети или на вводе водопровода в здание.

Обратные клапаны допускают движение воды только в одном направлении, применяются, в основном, для оборудования напорных патрубков центробежных насосов, на водоводах и трубах специального назначения.

Воздушные вентузы устанавливают для удаления воздуха, скапливающегося в возвышенных точках водоводов и магистральной сети, в особенности при пересечении ими водоразделов. Если воздух не будет удален, то могут образовываться «воздушные пробки», нарушающие работу трубопровода.

При резком закрытии задвижки может произойти разрыв сплошности потока в месте изменения уклона трубы. Для предотвращения явления гидравлического удара и срыва работы насоса в месте изгиба сети устанавливают *клапаны для впуска воздуха*.

Компенсаторы представляют собой устройства, воспринимающие температурные удлинения металлических трубопроводов, если стыки труб сами их не компенсируют. Их устанавливают на стальных трубопроводах, прокладываемых в туннелях, в просадочных грунтах, при жесткой заделке концов стальных труб в стенки колодцев или резервуаров.

Водоразборная арматура на сети представлена водоразборными колонками, пожарными гидрантами и выпусками.

Водоразборные колонки устраивают для разбора воды из водопроводной сети жителями, проживающими в домах, не оборудованных внутренним водопроводом. Колонки устанавливают на прочном основании с обязательной отмошкой для отвода воды. Давление в сети должно быть не менее 0,1 МПа.

Пожарные гидранты устанавливают на наружной водопроводной сети в колодцах для целей пожаротушения. Высота гидранта зависит от глубины укладки труб и колеблется в пределах 500 – 2500 мм. Гидранты размещают на сети диаметром до 300 мм включительно на расстоянии не более 150 м друг от друга и не менее 5 м от стен зданий.

Выпуски (спускные краны), представляющие собой патрубки с задвижкой (вентилем), примыкающие к нижней части трубы, устанавливают на пониженных участках сети для их опорожнения, отключения на ремонт или промывку.

Колодцы на наружной водопроводной сети проектируют из монолитного и сборного железобетона. Наиболее совершенны и экономичны при массовом строительстве сборные железобетонные колодцы круглой формы. Основные элементы колодца: плита днища, стеновые кольца, плита перекрытия, кольца горловины, кольцо опорное, чугунный люк с крышкой.

В незамощенных местах дорог люки колодцев должны незначительно возвышаться над поверхностью земли с устройством отмошки шириной 1 м вокруг люка и с уклоном от него. На проезжей части улицы с усовершенствованным покрытием люки располагают на одном уровне с поверхностью покрытия. При наличии грунтовых вод водонепроницаемость колодцев обеспечивается гидроизоляцией дна и стенок на высоту не менее 0,5 м выше

уровня этих вод. Проемы в стенках колодцев, через которые проходят трубы, заделывают просмоленной прядью и асбестоцементным раствором.

Во избежание замерзания воды в трубах глубина их заложения, считая до низа, должна быть на 0,5 м больше расчетной глубины промерзания грунта. Для защиты от нагревания и динамических нагрузок глубина заложения трубопроводов хозяйственно-питьевых водопроводов не должна быть менее 0,5 м до верха трубы.

6. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

В системах водоснабжения и водоотведения насосные станции служат для подъема и транспортирования жидкости в горизонтальной плоскости с расчетного уровня на более высокую отметку. **Насосы** – одно из основных средств, используемых при напорном транспортировании воды, представляют собой гидравлические машины, в которых механическая энергия приводных двигателей преобразуется в кинетическую энергию движущейся жидкости.

Насосы могут быть разделены на следующие группы: лопастные, объемные и струйные.

Лопастные насосы преобразуют энергию за счет динамического взаимодействия потока перекачиваемой жидкости и лопастей вращающегося колеса.

Объемные насосы работают по принципу вытеснения.

Струйные насосы работают по принципу смешения потока перекачиваемой жидкости со струей жидкости, обладающей большим запасом кинетической энергии.

Несмотря на большие различия в принципе действия, конструкции насосов всех типов должны удовлетворять требованиям, к числу которых относятся:

- надежность и долговечность работы;
- экономичность и удобство эксплуатации;
- изменение рабочих параметров в широких пределах при условии сохранения высокого коэффициента полезного действия (КПД);
- простота устройства, минимальные габариты и вес;
- удобство монтажа и демонтажа.

Основными параметрами насосов, определяющими область их применения, являются подача, напор, мощность, КПД, вакуумметрическая высота всасывания (допустимый кавитационный запас).

Подача – объем жидкости, подаваемой насосом в единицу времени, измеряется обычно в л/с или м³/ч.

Напор – приращение удельной энергии потока жидкости при прохождении ее через рабочие элементы насоса, выражается в м.

Мощность насоса N , кВт, требующаяся для подачи расхода жидкости Q , м³/с, при напоре H , м, подсчитывается по формуле:

$$N = \rho g Q H / \eta, \quad (22)$$

где ρ – плотность жидкости, кг/м^3 ;

g – ускорение свободного падения, м/с^2 ;

η – КПД насоса.

Коэффициент полезного действия насоса η учитывает гидравлические, объемные и механические потери энергии в насосе и определяется как отношение полезной мощности $N_{\text{п}}$ к потребляемой N :

$$\eta = N_{\text{п}} / N \quad (23)$$

Допустимая вакуумметрическая высота всасывания $H_{\text{вак}}$, м, – предельное значение вакуума на входе в насос, с увеличением которого нарушается сплошность потока жидкости и возникает явление **кавитации**.

Кавитация – это нарушение сплошности потока жидкости с образованием пузырьков, заполненных паром жидкости, при разрушении которых наблюдается эрозия поверхности рабочего колеса и корпуса насоса, а также активная коррозия. При работе в режиме кавитации уменьшается напор, подача, КПД насоса, возможно разрушение агрегата вследствие разбалансировки ротора.

В каталогах и паспортах насосов приведены значения $H_{\text{вак}}$ или допустимого кавитационного запаса $\Delta h_{\text{доп}}$, которые связаны между собой зависимостью

$$\Delta h_{\text{доп}} = 10 - H_{\text{вак}}, \text{ м.} \quad (24)$$

Наибольшее распространение в системах водоснабжения и водоотведения получили **центробежные насосы**, относящиеся к динамическим лопастным. На рис. 23 показана схема устройства центробежного насоса, основным органом которого является свободно вращающееся внутри корпуса рабочее колесо, посаженное на вал. При вращении рабочего колеса на каждую частицу жидкости действует центробежная сила, в результате чего перекачиваемая среда выбрасывается из рабочего колеса. При этом в центре колеса создается разрежение, а в периферийной его части – повышенное давление. Отвод жидкости осуществляется через расширяющуюся спиральную камеру (улитку), переходящую в напорный патрубок.

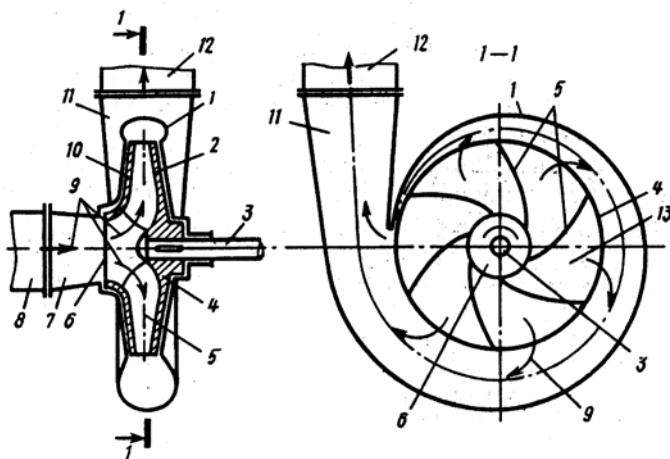


Рис. 23. Схема одноступенчатого центробежного насоса:

1 – корпус; 2, 10 – задний и передний диски; 3 – вал; 4 – рабочее колесо; 5 – лопасти; 6 – центральное входное отверстие; 7 – всасывающий патрубок; 8 – всасывающий трубопровод; 9 – направление движения воды; 11 – напорный патрубок; 12 – напорный трубопровод; 13 – межлопастное пространство

Характеристиками насоса являются графически выраженные зависимости $Q-H$, $Q-N$, $Q-\eta$, $Q-\Delta h_{\text{доп}}$. На рис. 24 представлена характеристика насоса Д 500-65. Графические характеристики насоса дают наглядное представление об изменении основных его параметров.

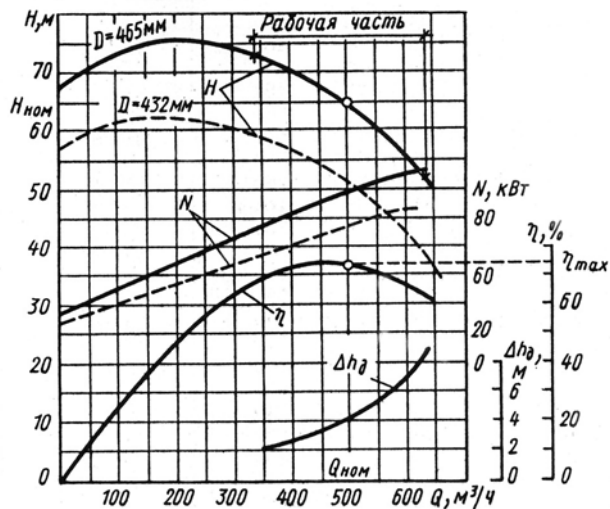


Рис. 24. Характеристика центробежного насоса 1Д500-65

По назначению и расположению в общих схемах систем водоснабжения и водоотведения насосные станции можно подразделить на станции **1-го и 2-го подъемов, повысительные и циркуляционные**. По расположению относительно поверхности земли станции бывают **наземные, полузаглубленные и заглубленные**.

По компоновке — **совмещенного и раздельного** типов. По виду используемого оборудования различают станции с **горизонтальными, вертикальными** и другими типами насосов. По характеру управления насосные станции могут быть с **ручным, автоматическим и дистанционным управлением**.

Основой для назначения режима работы насосных станций является *график* водопотребления или притока сточных вод по часам суток.

При проектировании насосных станций необходимо назначить и просчитать несколько вариантов режима работы насосов, накладывая их на график водопотребления или притока сточных вод. Выбор оптимального режима работы насосов производится по результатам технико-экономического сравнения рассмотренных вариантов.

Назначать число ступеней и продолжительность работы насосов рекомендуется так, чтобы:

- график работы НС максимально приближался к графику водопотребления или притока сточных вод;
- число ступеней работы насосов должно быть минимальным (2–3);
- обеспечить установку насосов одной марки.

В насосных станциях раздельного типа количество всасывающих и напорных водоводов принимается не менее двух. В станциях совмещенного типа каждый насос имеет отдельную всасывающую линию. Напорные трубопроводы от каждого насоса объединяются в общий коллектор, переходящий в два напорных водовода.

Диаметры всасывающих водоводов определяются по расчетному расходу и «экономическим скоростям», принимаемым для *водопроводных насосных станций* 0,6–2,0 м/с, для *канализационных* — 0,7–1,5 м/с. Выполняются из стальных труб на сварке.

Диаметры напорных водоводов принимаются с учетом экономического фактора по [5], [9]. Монтируются из стальных труб с внутренним цементным покрытием или из чугунных труб с битумным покрытием.

Напор насосов H , м, должен обеспечить подачу жидкости с расчетного уровня во всасывающей камере до максимального уровня жидкости у потребителя или конструктивного элемента системы

$$H = H_{geom} + \sum h, \quad (25)$$

где H_{geom} – геометрическая высота подъема жидкости, м;

$\sum h$ – суммарные потери напора в системе, м, включающие линейные (на трение по длине), местные (в фасонных частях и арматуре) и внутри станции.

Для водопроводных насосных станций применяются в основном центробежные насосы типа **К, КМ, 1Д, ЭЦВ**.

Канализационные станции оборудуются центробежными насосами типа **СМ, СМС, СД, ЦМК**.

Марки насосов выбираются по каталогам по подаче и напору. Кроме рабочих, надлежит предусматривать установку резервных агрегатов, число которых назначают согласно [1], [10].

К **вспомогательному оборудованию** насосных станций относятся вакуумные установки, дренажные (осушительные) насосы, а также подъемно-транспортное оборудование.

Вакуум-насосы предназначены для заливки корпуса насоса, расположенного выше расчетного уровня воды в резервуаре, подбираются по объему воздуха, удаляемого из заливаемого агрегата. Вакуумная установка состоит из рабочего и резервного вакуум-насосов и циркуляционного бака.

Дренажные насосы предусматриваются для удаления воды, накапливающейся в результате утечек через сальники насосов, фланцевые соединения, при фильтрации грунтовых вод, ремонтных работах. Дренажные воды собираются с поверхности пола в сборный приямок, откуда периодически удаляются за пределы станции. В качестве дренажных насосов рекомендуется использовать самовсасывающие насосы марки **ВКС**.

7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВНУТРЕННЕГО ВОДОПРОВОДА

Внутренний водопровод – система трубопроводов и устройств, обеспечивающих подачу воды к санитарно-техническим приборам, пожарным кранам и технологическому оборудованию, обслуживающая одно или группу зданий и сооружений, имеющих общее водоизмерительное устройство от сети водопровода населенного пункта или промышленного предприятия.

7.1. Системы и схемы внутреннего водопровода

Система водопровода определяется назначением и качеством потребляемой воды и зависит от технико-экономической целесообразности, санитарно-

гигиенических и противопожарных требований, а также принятой системы наружного водопровода и требований технологии производства работ.

По назначению системы водопровода подразделяются на хозяйственно-питьевые, производственные, противопожарные и объединенные, представляющие собой одну из комбинаций вышеупомянутых систем.

По способу поддержания требуемого напора различают системы, работающие под напором наружной сети и системы с повысительными установками (насосами, напорно-регулирующими баками, гидропневматическими установками).

По конструктивному выполнению различают системы с нижней (рис. 25) и верхней разводкой магистралей, которые, в свою очередь, могут быть тупиковыми и кольцевыми, с одним или несколькими вводами.

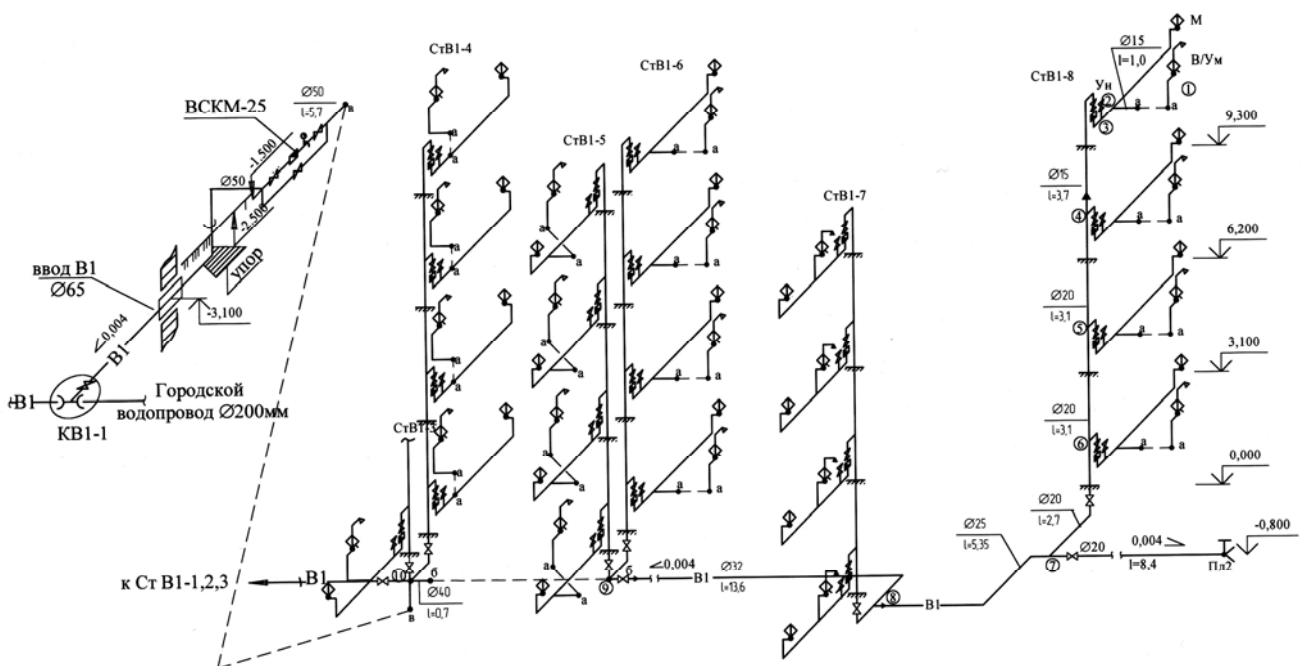


Рис. 25. Фрагмент аксонометрической схемы холодного водопровода

7.2. Трубопроводы и арматура

Для внутренних трубопроводов систем водоснабжения применяются стальные, пластмассовые, металлополимерные трубы и фасонные изделия из них. Допускается применение медных, бронзовых и латунных труб и фасонных частей. Устройство вводов в здания выполняется, как правило, из чугунных напорных раструбных труб и полиэтиленовых труб.

Традиционно широкое применение во внутренних водопроводах имеют стальные водогазопроводные оцинкованные и черные (неоцинкованные) трубы, выпускаемые по ГОСТ 3262–75*. Соединение стальных труб выполняется на сварке (под слоем углекислого газа) или на резьбе с помощью соединительных частей (фитингов) из ковкого чугуна или стали.

Сравнительные характеристики труб

Характеристики	Холодное водоснабжение						
	сталь	медь	МП	РЕХ	ХПВХ	ПВХ	ПП
Срок эксплуатации, лет	20	50	50	50	50	50	50
Коэффициент надежности труб (* -систем)	0,05	0,6	1,0*	1,0*	1,0	1,0	1,0
Трудоемкость монтажа, в % к стальным	100	35	25	25	15	15	20
Трудоемкость ремонта, в % к стальным	100	65	20	20	5	5	20
Затраты на эксплуатацию за срок службы, в % к стальным	100	40	20	20	5	5	7
Стоимость систем, в % к стальным	100	260	250	230	230	100	210
Стоимость единицы комплекта оборудования, тыс. руб.	20	12	12	12	0,5	0,5	5
Необходимость затрат энергии, в % к стальным	да 100	да 40	нет	нет	нет	нет	да 20
Горючесть, пожароопасность	нет	нет	да	да	нет	нет	да
Подверженность коррозии	да	огр	огр	огр	нет	нет	нет
Обрастание твердыми отложениями	да	да	огр	огр	нет	нет	нет
Необходимость в высококвалифицированных специалистах	да	да	нет	нет	нет	нет	нет
Возможность монтажа в бытовых условиях	нет	нет	да	да	да	да	огр
Образование конденсата	да	да	огр	огр	нет	нет	нет
Максимальная температура, °С	100	110	95	95	85	60	80
Максимальное давление, при 23° кг/см ²	10	20	20	20	27	41	16
Возможность скрытой прокладки	нет	доп	да	да	да	да	да
Развитие бактерий внутри труб	сред.	сред.	выс.	выс.	низ.	низ.	сред.
Размерный ряд условного прохода, (D _y), мм	15-1500	6-108	12-50	12-50	12-150	15-325	15-75
Тип соединений	сварное, резьбовое	паяное, резьбовое	обжимное, резьбовое	обжимное, резьбовое	клеевое	клеевое, резьбовое	сварное
Коэффициент линейного расширения x 10 ⁻⁵	0,2	0,4	2	16	4	5	11
Рекомендации по применению, баллы	7	6	5	4	2	1	3

Примечание: РЕХ – сшитый полиэтилен; ХПВХ – хлорированный ПВХ.

В последнее время все большее распространение получают напорные трубы и фасонные части из полиэтилена высокого (ПВД) и низкого (ПНД) давления, а также поливинилхлорида (ПВХ) и полипропилена (ПП). Кроме этого, [2] ориентирует проектировщиков на использование в системах внутренних водопроводов именно неметаллических труб.

В табл. 8 приведены сравнительные характеристики и условия применения труб из различных материалов.

Арматура, применяемая в системах внутреннего водоснабжения, подразделяется на *запорную, водоразборную, смесительную, регулирующую, предохранительную и контрольно-измерительную*.

Для отключения отдельных участков сети при эксплуатации и ремонте системы наиболее часто из **запорной арматуры** применяют *вентили, шаровые краны и задвижки*, причем задвижки устанавливают на трубах диаметром 50 мм и более. Значительно реже пользуются *пробковыми кранами*. Для перекрытия потока рабочей среды на трубопроводах между фланцами могут применяться *дисковые поворотные затворы* диаметром от 50 мм.

К **водоразборной арматуре** относятся *водоразборные, туалетные, банные, пожарные, а также писсуарные и смывные краны*.

Смесительная арматура общего назначения представлена *смесителями различных типов для моек, ванн, умывальников, бидэ*.

Из **регулирующей арматуры** в системах внутренних водопроводов наибольшее применение имеют *шаровые или поплавковые клапаны*, устанавливаемые в открытых баках и смывных бачках унитазов. Они предназначены для поддержания уровня воды на заданной отметке. Кроме того, при давлении в системе водоснабжения здания, превышающем 45 м, на вводе предусматривают установку *регуляторов давления*.

К **предохранительной арматуре**, устанавливаемой в насосных установках, у напорных баков, в обвязке водоподогревателей относятся *обратные клапаны*, обеспечивающие движение воды только в одном направлении, и *предохранительные клапаны* гидропневматических установок.

Контрольно-измерительная арматура в системах внутреннего водопровода предусматривается для учета количества потребляемой воды (*водосчетчики*) и измерения давления в системе на вводе в здание (*манометры*). Кроме этого, нагревательные приборы типа АГВ (АОГВ) оборудуются термометрами.

Водоразборно-смесительная арматура устанавливается над санитарными приборами на высоте, считая от уровня чистого пола до ее оси:

1100 мм – кран кухонной раковины;

1000 мм – настенный смеситель умывальника или кухонной мойки;

850 мм – настольный смеситель умывальника или мойки;

700 мм – смеситель ванны;

1100 мм – смеситель, общий для ванны и умывальника;

600 мм – шаровой клапан низкорасполагаемого бачка унитаза (компакт);

2000 мм – шаровой клапан высокорасполагаемого бачка унитаза;

800 мм – смывной кран унитаза;

- 2100 мм – сетка душевой установки;
- 1350 мм – пожарный кран;
- 1250 мм – поливочный кран внутри помещений.

Полivочные краны для полива территории, прилегающей к зданию, устанавливаются в нишах цоколя здания по периметру через 60–70 м на 250–350 мм выше отмостки.

Стояки внутренних водопроводов располагаются так, чтобы длина подводок к водоразборной арматуре, санитарным приборам и технологическому оборудованию была минимальной.

В жилых, общественных и вспомогательных зданиях промышленных предприятий стояки хозяйственно-питьевого водопровода размещают обычно в туалетах и кухнях, противопожарного водопровода – в вестибюлях, коридорах и на лестничных площадках.

В производственных зданиях стояки производственных водопроводов располагают в соответствии с размещением технологического оборудования.

Подводки к водоразборной арматуре прокладывают от стояков вдоль *стен, перегородок* или *колонн* по одному из вариантов:

- *верхняя* – под потолком этажа на 0,4–0,5 м с опуском труб к водоразборным устройствам;
- *средняя* – на высоте 1,0 м от уровня чистого пола с опуском, подъемом или без них к водоразборно-смесительной арматуре;
- *нижняя* – над полом на 0,3–0,4 м с подъемом труб к водоразборным устройствам.

Подводка под потолком этажа применяется чаще всего в производственных и коммунальных зданиях, а другие варианты – в жилых, общественных и вспомогательных зданиях промышленных предприятий.

Подводки к поливочным кранам, предназначенным для полива прилегающей к зданию территории, прокладывают от разводящей магистрали с уклоном 0,002–0,005 к поливочным кранам для спуска воды на отмостку, либо через специальный тройник с пробкой или сбросным краном в подвале, техническом подполье или подпольных каналах. В месте подключения к разводящей магистрали устанавливается запорная арматура.

Прокладку стояков и разводки внутреннего водопровода следует предусматривать в шахтах, *открыто* – по стенам туалетов, душевых, кухонь и других помещений.

Скрытую прокладку трубопроводов следует предусматривать для помещений, к отделке которых предъявляются повышенные требования, и для всех систем из пластмассовых труб (кроме располагаемых в санитарных узлах). Скрытая прокладка стальных трубопроводов, соединяемых на резьбе, за исключением угольников для присоединения настенной водоразборной арматуры, не допускается.

Разводящие магистральные трубопроводы прокладываются вдоль капитальных стен с уклоном 0,002–0,005 к водомерному узлу. *Нижняя разводка* применяется в жилых, общественных и административно-бытовых зданиях промышленных предприятий. Прокладка разводящих магистралей

предусматривается в подвалах или технических подпольях на 0,4 – 0,5 м ниже потолка, а при их отсутствии – в подпольных каналах высотой 0,3–0,7 м совместно с трубопроводами отопления и горячего водоснабжения или под полом с устройством съемного фриза. В производственных зданиях магистральные трубопроводы прокладываются в полупроходных каналах высотой 0,8 –1,7 м или проходных высотой 1,7–1,8 м.

Верхняя разводка чаще всего применяется в производственных, коммунальных или вспомогательных зданиях промышленных предприятий с прокладкой магистралей под потолком верхнего этажа, в чердачном или в техническом этаже. Для крепления магистральных трубопроводов к капитальным стенам и колоннам применяют кронштейны, а к потолку – подвески.

Объектные водомерные узлы располагают не далее 1,5–2,0 м от наружной стены здания в удобном и легкодоступном помещении с искусственным или естественным освещением и температурой воздуха не ниже 5° С. Они бывают без обводной и с обводной линией. С каждой стороны счетчика предусматриваются прямые участки трубопроводов и задвижки (вентили). Между счетчиком и вторым (по движению воды) вентилем или задвижкой устанавливается *контрольно-спускной кран*. Обводная линия у счетчика холодной воды обязательна при наличии одного ввода в здание, а также в случаях, когда счетчик не рассчитан на пропуск хозяйственно-противопожарного расхода воды. На обводной линии устанавливается задвижка, опломбированная организацией водопроводно-канализационного хозяйства в закрытом положении. Для вновь строящихся, реконструируемых и капитально ремонтируемых зданий **счетчики воды** следует устанавливать также на подводках 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.

Ввод рекомендуется прокладывать симметрично относительно расхода воды в здании под прямым углом к фасаду в техническое подполье (подвальный или цокольный этажи), а при их отсутствии – под лестничную площадку первого этажа. При выборе места и трассы ввода минимальное расстояние от обреза фундамента здания до сети водопровода должно быть не менее 5 м. При этом расстояние по горизонтали в свету между вводами хозяйственно-питьевого водопровода и выпусками канализации и водосточков должно быть не менее 1,5 м при диаметре ввода до 200 мм включительно, и не менее 3 м при диаметре ввода свыше 200 мм. Ввод прокладывается с уклоном 0,002 – 0,005 в сторону уличной водопроводной сети на глубине ее заложения, но не менее 0,5 м [1] ниже глубины промерзания грунта в данной местности. В местах, где выполняют систематическую уборку снега, глубину промерзания следует увеличить на 40–50 %. При необходимости укладки вводов ниже канализационной сети водопровод принимают из стальных труб, заключенных в футляр, причем расстояние от канализационной трубы до обреза футляра должно быть не менее 5 м в каждую сторону в глинистых грунтах и 10 м – в фильтрующих.

В точке подключения ввода к наружной сети устраивается колодец, в котором размещаются отключающая задвижка (вентиль) и спускной кран. Ввод заканчивается в здании водомерным узлом.

При пересечении фундамента здания ввод (в сухих грунтах) прокладывается в стальном кожухе с зазором 0,2 м, заполняемым водогазонепроницаемым эластичным материалом, в мокрых грунтах предусматривается устройство специальных сальников или ребристых патрубков.

Установку **запорной арматуры** на внутренних водопроводных сетях следует предусматривать:

- на подключении ввода к уличной сети;
- в обвязке водомерного узла;
- на ответвлениях разводящих магистралей;
- у основания стояков в зданиях высотой 3 этажа и более;
- у основания пожарных стояков с числом пожарных кранов 5 и более;
- на подводках к поливочным кранам, на ответвлениях в каждую квартиру, на подводках к смывным бачкам и водонагревателям;
- на ответвлениях, питающих 5 или более водоразборных точек;
- на кольцевой разводящей сети для выключения на ремонт не более полукольца;
- перед каждой единицей технологического оборудования.

7.3. Гидравлический расчет системы

Задачей расчета является определение экономически выгодных диаметров труб при пропуске расчетных расходов воды, требуемого напора в системе и, при необходимости, подбор дополнительного оборудования в зависимости от условий подключения к наружной водопроводной сети.

Системы хозяйственно-питьевого, производственного или противопожарного водопроводов рассчитываются на пропуск максимального секундного расхода воды на соответствующие нужды. Для объединенных систем хозяйственно-противопожарного или производственно-противопожарного водопроводов расчет выполняется также на случай тушения пожара.

7.3.1. Определение расчетных расходов воды

Выбор норм водопотребления проводят в зависимости от назначения здания, степени благоустройства и климатических условий. Нормы расхода воды для зданий различного назначения принимаются согласно приложению 3[2].

Для жилых домов нормы водопотребления приведены в табл. 9 настоящих указаний.

Значения расходов воды отдельными санитарными приборами приведены в приложении 2[2]. Следует отметить, что на практике нормы водопотребления подлежат уточнению и утверждаются распоряжениями глав администраций.

Нормы расхода воды

Потребители воды	Норма расхода воды на одного жителя, л			
	в сутки наибольшего водопотребления		в час наибольшего водопотребления	
	общая, (в том числе горячей) q_u^{tot}	холодной q_u^c	общая, (в том числе горячей) $q_{hr,u}^{tot}$	холодной $q_{hr,u}^c$
Жилые дома квартирного типа:				
с водопроводом и канализацией без ванн;	120	120	6,5	6,5
с газоснабжением;	150	150	7	7
с водопроводом, канализацией и ваннами с водонагревателями на твердом топливе;	180	180	8,1	8,1
с водопроводом, канализацией и ваннами с газовыми водонагревателями;	225	225	10,5	10,5
с быстродействующими газовыми нагревателями и многоточечным водоразбором;	250	250	13	13
с централизованным горячим водоснабжением, оборудованные умывальниками, мойками и душами;	230	130	12,5	4,6
с сидячими ваннами, оборудованными душами;	275	165	14,3	5,1
с ваннами длиной от 1500 до 1700 мм, оборудованными душами;	300	180	15,6	5,6
высотой свыше 12 этажей с централизованным горячим водоснабжением и повышенными требованиями к благоустройству	400	270	20	9,1

В жилых зданиях количество потребителей U ориентировочно можно определить по выражению:

$$U = K \frac{F}{f}, \quad (26)$$

где F – полезная жилая площадь в здании, м^2 ;
 f – норма жилой площади на человека, м^2 ;
 K – коэффициент перенаселенности квартир.

Значение величины f для РФ можно ориентировочно принимать 12 м^2 , а величину коэффициента перенаселенности квартир $K - 1,2 \div 1,4$.

Определение расчетного расхода воды производится для каждого расчетного участка и зависит от нормы водопотребления, числа обслуживаемых данным участком водоразборных устройств и вероятности их действия. За **расчетный расход** принимается максимальный секундный, в л/с, определяемый по формуле:

$$q^c = 5 q_o^c \cdot \alpha, \quad (27)$$

где α – коэффициент, определяемый согласно приложению 4[2] в зависимости от общего числа приборов на расчетном участке и вероятности их действия;

q_o^c – расход холодной воды, л/с, потребляемой одним прибором, расход которого наибольший по сравнению с другими приборами, при этом количество приборов данного вида должно составлять не менее 10 % от общего количества.

7.3.2. Определение диаметров труб и потерь напора

Назначение диаметров труб внутреннего водопровода производится по **«экономичным скоростям»** движения воды на каждом расчетном участке. Предварительно намечают диаметры подводок к водоразборным устройствам санитарно-технических приборов, руководствуясь указаниями приложения 2[2].

«Экономичными скоростями» движения воды являются:

- в магистральных трубопроводах и стояках хозяйственно-питьевых систем не более 1,5 м/с;
- в подводках к водоразборным устройствам – не более 2,5 м/с;
- в производственных водопроводах – не более 1,2 м/с;
- в спринклерных и дренчерных установках – не более 10 м/с;
- в противопожарных водопроводах – не более 3 м/с.

В практике расчета внутренних систем водопровода определение диаметров труб и потерь напора в них при пропуске расчетных расходов производится с помощью специальных таблиц [5], где указываются значения удельных потерь напора – $1000i$ и скорости движения воды V в зависимости от расчетного расхода и принимаемого диаметра трубопровода.

Величина **линейных потерь напора**, м, на каждом участке определяется по формуле:

$$h_d = i \cdot l, \quad (28)$$

где i – удельные потери напора на трение;

l – длина расчетного участка трубопровода, м.

Для определения суммарных линейных потерь напора в системе водопровода необходимо сложить линейные потери напора по расчетному направлению. При расчете систем холодного водоснабжения **местные потери напора** в фасонных частях и арматуре учитываются введением коэффициента K , принимаемого: 0,3 – в сетях хозяйственно-питьевых водопроводов жилых и общественных зданий; 0,2 – в сетях объединенных

хозяйственно-противопожарных водопроводов жилых и общественных зданий, а также в сетях производственных водопроводов; 0,15 – в сетях объединенных производственно-противопожарных водопроводов; 0,1 – в сетях противопожарных водопроводов.

Общие потери напора в трубопроводах системы водоснабжения находятся как сумма линейных и местных потерь напора, м

$$h = h_{\text{л}} + h_{\text{м}} \quad (29)$$

7.3.3. Выбор типа и калибра водосчетчика

Учет количества потребляемой воды производится водосчетчиками, суммирующими всю воду, прошедшую через них с разной скоростью за промежуток времени между двумя отсчетами.

В системах водоснабжения наиболее распространены тахометрические **скоростные** счетчики воды, принцип действия которых состоит в суммировании (счете) числа оборотов рабочего органа, установленного в поток жидкости. В зависимости от конструкции различают две группы счетчиков: **крыльчатые** и **турбинные** (счетчики Вольтмана). Действие скоростных водосчетчиков основано на измерении числа оборотов крыльчатки или турбинки, приводимых в движение струей протекающей через счетчик воды, пропорционально ее количеству. Ось крыльчатки или турбинки с помощью передаточного механизма соединена с редуктором и счетным механизмом, который передает значение количества воды на циферблаты. На крыльчатке расположены магниты, с помощью которых передается вращение ведомой муфте счетного механизма, отделенного от измеряемой среды. Масштабирующий редуктор счетного механизма преобразует число оборотов крыльчатки или турбинки в значения протекающей через водосчетчик воды.

В настоящее время на системах внутреннего водопровода устанавливают крыльчатые счетчики типа **ВСКМ** (водосчетчик – «судход» крыльчатый многоструйный), выпускаемые по ГОСТ 6019 – 83*, и турбинные **СТВ** (счетчик турбинный для воды) ГОСТ 14167 – 83*.

В рамках действующих ГОСТов маркировка водосчетчиков, изготавливаемых различными предприятиями, может различаться: например СХВ-15/3 или СКВ-3/15, выпускаемых АООТ «АПЗ» (г. Арзамас) и ПО «Точмаш» (г. Владимир) соответственно.

Диаметр условного прохода счетчика воды выбирают, исходя из среднечасового расхода воды за период потребления, который не должен превышать эксплуатационный, принимаемый по табл. 4 [2].

Водосчетчики с принятым диаметром условного прохода проверяют:

а) на пропуск расчетного максимального секундного расхода воды, при этом потери напора в счетчиках воды не должны превышать 5,0 м для крыльчатых и 2,5 м для турбинных счетчиков;

б) на пропуск расчетного максимального секундного расхода воды с учетом подачи воды на внутреннее пожаротушение при допустимых потерях до 10 м.

Потери давления в счетчиках, м, при расчетном секундном расходе воды на вводе q , л/с, определяют по формуле:

$$h = S \cdot q^2, \quad (30)$$

где S – гидравлическое сопротивление счетчика, приведенное в табл. 4 [2].

7.3.4. Определение требуемого напора системы

Проектируемая система внутреннего водопровода должна обеспечить подачу расчетного расхода воды с необходимым свободным напором к самому высокорасположенному и удаленному от ввода санитарному прибору, который принимается за диктующий. Если будет обеспечена подача воды к нему, то подача воды к другим приборам будет гарантирована, т.к. они находятся в более благоприятных условиях.

Гидростатический напор в системе хозяйственно-противопожарного или хозяйственно-питьевого водопровода на отметке наиболее низко расположенного санитарно-технического прибора не должен превышать 45 м.

Найденная расчетным путем величина требуемого напора сравнивается с наименьшим гарантированным напором в наружной водопроводной сети.

При недостаточном напоре в наружной водопроводной сети для обеспечения требуемого напора в системе внутреннего водопровода предусматривается установка насосов, водонапорных баков или гидропневматических установок. Решение принимается на основании технико-экономического сравнения вариантов.

7.4. Проектирование внутреннего противопожарного водопровода

Для жилых и общественных зданий, а также административно-бытовых зданий промышленных предприятий необходимость устройства внутреннего противопожарного водопровода следует определять в соответствии с табл.1, а для производственных и складских зданий – в соответствии с табл. 2 [2]. Как правило, при проектировании следует принимать решения, обеспечивающие объединение систем разного назначения в одну сеть трубопроводов. Применение объединенных систем дает значительную экономию средств и сокращение сроков монтажных работ на объекте.

В жилых зданиях стояки пожарного водопровода располагают поэтажно на лестничных площадках; в общественных и производственных зданиях – в вестибюлях, коридорах, залах и производственных помещениях.

Пожарные краны устанавливают на ответвлениях стояков на высоте 1,35 м над полом помещения и размещают, как правило, в шкафчиках, имеющих отверстия для проветривания и приспособленных для опломбирования и возможности визуального осмотра без вскрытия. В комплект пожарного крана входят: обыкновенный проходной или специальный пожарный вентиль и пожарные рукав и ствол (*брандспойт*). Рукав к вентилю и ствол к рукаву

присоединяются с помощью быстросмыкающихся (при повороте на 60°) полугаек.

Допускается спаренная установка пожарных кранов, при этом нижний кран располагается на высоте 1,0 м над полом. Минимальные расходы воды на пожаротушение и количество одновременно действующих пожарных кранов для зданий различного назначения определяются в соответствии с табл.1,2 [2] и уточняются в зависимости от высоты компактной части струи и диаметра spryska.

Компактной считается струя, не теряющая своей сплошности, с учетом попадания 90 % всего количества воды в круг диаметром 380 мм на расчетном расстоянии.

Минимально допустимая длина компактной струи принимается непосредственно из норм в зависимости от назначения здания, характера строительных конструкций и технологии производства (6, 8, 16 м).

Продолжительность тушения пожара из внутренних пожарных кранов принимается равной 3 часам.

Гидравлический расчет объединенного хозяйственно-противопожарного водопровода выполняется дважды: на пропуск наибольшего хозяйственно-питьевого расхода и, с целью проверки пропускной способности принятых диаметров труб участков сети, при совместном пропуске хозяйственно-питьевого и противопожарного расходов.

Если счетчик не рассчитан на пропуск максимального расхода воды при пожаротушении, то на обводной линии должна быть предусмотрена установка электрозадвижки, открывающейся автоматически одновременно с началом работы пожарных кранов, а при недостаточном напоре – пожарных насосов.

Стандартная длина пожарных рукавов в системах внутреннего пожаротушения составляет 10, 15 и 20 м.

Если требуемый напор превышает гарантийный напор в уличной сети, то решается вопрос о необходимости установки повысительных противопожарных насосов.

7.5. Установки по поддержанию напора в системе

При недостаточном напоре в наружной водопроводной сети для обеспечения требуемого напора во внутреннем водопроводе предусматривается установка **насосов, водонапорных или гидропневматических баков**.

Основными параметрами для подбора **насосов** являются требуемые **подача** воды и **напор**, по величинам которых подбирают марку насоса.

Наиболее часто в системах водоснабжения зданий используют консольные насосы – горизонтальные одноступенчатые, с односторонним подводом воды к рабочему колесу, выпускаемые двух типов: **К** – с горизонтальным валом на отдельной опорной стойке; **КМ** – с горизонтальным валом моноблочные с электродвигателем. Моноблочные насосы серии **КМ** имеют близкие аналогичные характеристики с консольными насосами **К**, но более предпочтительны,

т.к. не имеют муфты, соединяющей вал электродвигателя и ведомый вал насоса, поэтому они работают с меньшим шумом.

Водонапорные баки должны содержать запас воды для регулирования неравномерности водопотребления, а при наличии противопожарных устройств – неприкосновенный запас воды на пожаротушение.

Водонапорные баки могут устанавливаться в системе внутренних водопроводов совместно с насосной установкой или без нее. Если напор в сети уличного водопровода менее требуемого в течение всех суток, тогда принимается бак с насосом. Если же днем напор недостаточен для подачи воды в верхние этажи, а ночью восстанавливается до требуемой величины, тогда применяется водонапорный бак без насоса.

Высота расположения водонапорного бака должна обеспечивать необходимый напор воды перед водоразборной арматурой, а в системах объединенного водопровода – необходимый напор у внутренних пожарных кранов до полного расходования противопожарного запаса воды.

В состав *гидропневматической* установки входят насосы, гидропневматические баки и компрессоры. Гидропневматические установки применяются при тех же условиях, что и водонапорные баки. Обычно принимают установки переменного давления. Расчет их заключается в подборе марки насоса, определении емкости воздушно-водяного бака и подборе компрессора.

Гидропневматические установки размещаются аналогично размещению насосных установок в отдельных помещениях или же отгороженных участках, обеспечивающих предотвращение доступа лиц, не связанных с их эксплуатацией.

8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВНУТРЕННЕЙ КАНАЛИЗАЦИИ

Внутренняя канализация – система трубопроводов и устройств, при необходимости – с локальными очистными сооружениями, обеспечивающая отведение сточных вод от санитарно-технических приборов и технологического оборудования, а также дождевых и талых вод в сеть канализации соответствующего назначения населенного пункта или промышленного предприятия до первого смотрового колодца.

Внутренние водоотводящие сети одновременно служат для вентиляции всей внешней водоотводящей сети города или предприятия.

При выборе схемы проектируемой системы канализации в первую очередь следует установить вид сточных вод и тип бытовых и производственных процессов. В соответствии с этим проектируют одну или несколько внутренних канализационных сетей.

В производственных зданиях, как правило, проектируется несколько систем канализации, в зависимости от вида загрязнений сточных вод.

В системах технологических стоков производственных зданий, столовых, бань, прачечных предусматривается локальная очистка, вид которой зависит от характера загрязнений сточных вод.

Типы санитарных приборов, принимаемые к установке, должны обеспечивать удобство пользования ими, отвечать требованиям санитарии и гигиены, в соответствии с указаниями норм санитарного проектирования.

8.1. Конструирование внутренней сети водоотведения

Конструирование систем внутренней канализации заключается в выборе мест установки санитарных приборов, мест расположения канализационных стояков, отводных линий и выпусков. Намечаются технические решения отдельных узлов, например подключения отводных линий к стоякам, выпусков к дворовой сети и т.д.

Прокладку внутренних канализационных сетей надлежит предусматривать:

- *открыто* – в подпольях, подвалах, цехах, подсобных и вспомогательных помещениях, коридорах, технических этажах и в специальных помещениях, предназначенных для размещения сетей, с креплением к конструкциям зданий (стенам, колоннам, потолкам, фермам и др.), а также на специальных опорах;

- *скрыто* – с заделкой в строительные конструкции перекрытий, под полом (в земле, каналах), панелях, бороздах стен, под облицовкой колонн (в приставных коробах у стен), в подвесных потолках, в санитарно-технических кабинках, в вертикальных шахтах, под плинтусом в полу.

Санитарно-технические приборы и приемники сточных вод устанавливают:

- в туалетах – *унитазы* и *умывальники*, в мужском отделении – *писсуары*. В помещениях личной гигиены женщин в производственных и общественных зданий – *бидэ*. Все унитазы должны быть оборудованы индивидуальными смывными бачками или смывными кранами;

- в ваннах комнатах – *ванны* или (и) *душевые поддоны*, *умывальники*;

- в кухнях – *кухонные раковины* или *мойки*.

Трапы устанавливают:

- в душевых кабинках на 1–2 душа диаметром 50 мм, на 3–4 душа – диаметром 100 мм;

- в мусорокамерах жилых зданий – диаметром 100 мм;

- в производственных помещениях – при необходимости мокрой уборки полов или для производственных целей;

- в помещениях личной гигиены женщин.

В ваннах комнатах жилых домов трапы не устанавливают.

Санитарно-технические приборы и приемники сточных вод, в конструкции которых нет гидравлических затворов, при присоединении к бытовой или производственной канализации следует оборудовать гидравлическими затворами (сифонами), располагаемыми на выпусках под приборами. *Гидравлические затворы* предотвращают проникновение запахов в помещение. Различают двухоборотные, косые, прямые, бутылочные сифоны, сифоны-

ревизии, для ванн – напольные. Рекомендуемые диаметры устанавливаемых сифонов 40–50 мм.

Отводные трубопроводы предусматриваются для отвода сточной жидкости от приемников к канализационным стоякам.

Отвод сточной жидкости следует предусматривать по самотечным трубопроводам. Участки канализационной сети рекомендуется прокладывать прямолинейно. Изменять направление прокладки канализационного трубопровода и присоединять приборы следует с помощью соединительных деталей.

Соединительные детали трубопроводов принимают согласно действующим государственным стандартам и техническим условиям.

В начале отводной линии и на поворотах с углом более 30° устанавливают прочистные устройства для устранения засоров.

При размещении отводных линий от санитарных приборов возможны случаи прокладки их над полом, по стене, или под потолком нижележащего этажа. В современном жилищном строительстве наиболее часто применяют напольную прокладку отводных труб.

Диаметры отводных трубопроводов принимают конструктивно в зависимости от типа присоединяемого санитарного прибора или приемника сточных вод. Для умывальников, моек, ванн диаметры отводных труб принимают 40–50 мм, от унитазов – 85–100 мм, рекомендуемые уклоны при их прокладке – 0,02–0,035.

Наибольший уклон трубопроводов не должен превышать 0,15, за исключением ответвлений от приборов длиной до 1,5 м.

В бытовых помещениях допускает предусматривать прокладку трубопроводов на глубине 0,1 м от поверхности пола до верха трубы. Канализационные трубопроводы, прокладываемые в помещениях, где по условиям эксплуатации возможно их механическое повреждение, должны быть защищены, а участки сети, эксплуатируемые при отрицательных температурах – утеплены.

Канализационные стояки принимают сточную жидкость от отводящих линий и транспортируют ее к выпускам. Они устанавливаются в местах размещения санитарных приборов, в которые поступают наиболее загрязненные стоки (унитазов).

Диаметр канализационного стояка принимается постоянным по всей высоте в зависимости от величины расчетного расхода сточной жидкости и условий подключения к нему поэтажных отводов в соответствии с табл. 8 [2].

На стояках для устранения засоров устанавливаются ревизии. Ревизии или прочистки монтируют на высоте 1,0 м от пола или 0,15 м выше борта наиболее высокорасположенного прибора этажа в следующих местах:

- на первом и последнем этажах, но не менее чем через три этажа;
- перед отступом;
- в начале участков отводных труб.

Места прохода стояков через перекрытия должны быть заделаны цементным раствором на всю толщину перекрытия. Участок стояка выше перекрытия на 8–10 см (до горизонтального отводного трубопровода) следует защитить цементным раствором толщиной 2–3 см. Перед заделкой стояков

раствором трубы следует обертывать рулонным гидроизоляционным материалом без зазора.

Вытяжные трубы устраиваются для обеспечения вентиляции бытовой и производственной сети канализации и предотвращения «срыва» гидравлических затворов.

Вытяжные трубы являются продолжением стояка, который выводится через кровлю или сборную вентиляционную шахту здания на высоту, м:

- | | |
|---------------------------------------|-------|
| – от плоской неэксплуатируемой кровли | – 0,3 |
| – скатной кровли | – 0,5 |
| – эксплуатируемой кровли | – 3,0 |

Выводимые выше кровли вытяжные части канализационных стояков следует размещать от окон и балконов на расстоянии не менее 4 м (по горизонтали).

Диаметр вытяжной части канализационного стояка должен быть равен диаметру сточной части стояка, установка флюгарок не требуется.

Допускается объединять по верху одной вытяжной частью несколько канализационных стояков, возможно устройство дополнительного вентиляционного стояка.

Выпуски предназначены для сбора сточной жидкости от одного или группы стояков и отвода стоков в дворовую сеть. Переход стояка в выпуск должен быть плавным и конструктивно оформляется двумя отводами по 135° или отводом 135° и косым тройником 45° . В пределах здания прокладка выпусков рекомендуется вдоль внутренних капитальных стен подвалов или технических этажей под потолком, над полом или под полом подвала. Трубы крепят при помощи кронштейнов с минимальным количеством поворотов, что важно по гидравлическим и монтажным соображениям.

Расположение выпуска в пределах здания должно согласовываться с глубиной заложения дворовой сети.

Диаметр выпуска целесообразно принимать по расчетному расходу сточной жидкости с обеспечением *скорости* не менее 0,7 м/с при *наполнении* 0,3 – 0,6, минимальный *уклон трубопровода* 0,02.

Присоединение выпуска к дворовой канализационной сети предусматривается в колодцах по шельгам труб, т.е. таким образом, чтобы верх всех примыкающих труб находился на одном уровне.

Наименьшую глубину заложения канализационных труб допускается принимать на 0,3 м выше глубины промерзания грунта, но не менее 0,7 м от верха трубы до поверхности земли для предохранения труб от разрушения под действием постоянных и временных нагрузок.

8.2. Расчет внутренних канализационных сетей

Гидравлический расчет канализационных трубопроводов из различных материалов следует производить по номограмме [2] или данным таблиц [11,12]. Расчет стояков следует вести в соответствии с п.18.5 [2], выпусков – п.18.2 [2].

Максимальный секундный расчетный расход сточных вод q^s , л/с, следует определять:

а) при общем максимальном секундном расходе воды q^{tot} до 8 л/с в сетях холодного и горячего водоснабжения, обслуживающих группу приборов, по формуле:

$$q^s = q^{tot} + q_0^s \quad (31)$$

где q_0^s – расход стоков от прибора с максимальным водотведением, л/с, принимаемый согласно приложению 2 [2];

б) в других случаях:

$$q^s = q^{tot}. \quad (32)$$

Стояки подвергают лишь проверочному расчету, состоящему в сравнении расчетного расхода сточных вод с пропускной способностью стояка принятого диаметра, характеризующемуся предельно допустимым (на 10 % меньше критического) расходом, при котором может произойти срыв гидравлических затворов.

Диаметр выпуска принимается по расчетному расходу сточной жидкости с проверкой на выполнение условия

$$V \cdot \sqrt{\frac{H}{d}} \geq K, \quad (33)$$

где V – скорость движения жидкости, м/с;

H/d – наполнение.

$K = 0,5$ – для трубопроводов из пластмассовых труб;

$K = 0,6$ для трубопроводов из других материалов.

При этом скорость движения жидкости должна быть не менее 0,7 м/с, а наполнение трубопроводов – не менее 0,3.

В системах производственной канализации скорость движения и наполнение трубопроводов определяются необходимостью транспортирования загрязнений производственных сточных вод.

9. СИСТЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ

9.1. Общие сведения о системах водоотведения

Сточные воды – это воды, изменившие после использования в бытовой и производственной деятельности человека свои физико-химические свойства и требующие отведения и обработки.

По происхождению сточные воды могут быть классифицированы на следующие: **хозяйственно-бытовые, производственные и атмосферные.**

Хозяйственно-бытовые сточные воды поступают в водоотводящую сеть от жилых домов, административно-бытовых зданий промышленных предприятий, коммунальных предприятий, комбинатов общественного питания и т.д. В составе таких вод различают фекальные сточные воды и хозяйственные, загрязненные различными хозяйственными отходами, моющими средствами. Хозяйственно-бытовые сточные воды всегда содержат большое количество

микроорганизмов, которые являются продуктами жизнедеятельности человека. Особенностью хозяйственно-бытовых сточных вод является относительное постоянство их состава. Основная часть органических загрязнений таких вод представлена белками, жирами, углеводами и продуктами их разложения. Неорганические примеси составляют частицы кварцевого песка, глины, соли, образующиеся в процессе жизнедеятельности человека. Из общей массы загрязнений бытовых вод на долю органических веществ приходится 45–58 %.

Производственные сточные воды образуются в процессе производства различных товаров, изделий, продуктов, материалов и пр. К ним относятся отработавшие технологические растворы, технологические и промывные воды, воды охлаждающих систем и химводоочистки, от мытья оборудования и производственных помещений. Производственные сточные воды различных отраслей промышленности содержат широкий спектр загрязнений с различными концентрациями загрязнений, колеблющихся в весьма широких пределах во времени и зависящих от хода технологического процесса в отдельных цехах или на предприятии в целом. Неравномерность притока сточных вод и их концентрации во всех случаях ухудшает работу очистных сооружений и усложняет эксплуатацию.

Атмосферные сточные воды образуются в процессе выпадения осадков и таяния снега как на жилой территории населенных пунктов, так и на территории промышленных предприятий. Часто эти воды называют дождевыми или ливневыми, в них наблюдается высокая концентрация кварцевого песка, глинистых частиц, мусора и нефтепродуктов, смываемых с улиц города. Загрязнение территории промышленных предприятий приводит к появлению в ливневых водах примесей, характерных для данного производства. Отличительной особенностью ливневого стока является его эпизодичность и резко выраженная неравномерность по расходу и концентрациям загрязнений.

Основными **характеристиками** сточных вод являются: *количество* сточных вод, характеризующееся расходом, измеряемым в л/с, м³/с, м³/ч, м³/смену, м³/сут; *виды* (компоненты) *загрязнений* и содержание их в сточных водах, характеризующееся концентрацией загрязнений, измеряемой в мг/л или г/м³. Важной характеристикой сточных вод является степень равномерности (или неравномерности) их образования и поступления в водоотводящие системы. Обычно она определяется неравномерностью поступления сточных вод по часам суток в году. Эти характеристики учитываются при проектировании водоотводящих систем.

9.2. Основные элементы водоотводящих систем

Система водоотведения (канализации) представляет собой комплекс инженерных сетей, оборудования 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 сбросом в водоем.

На рис. 26 показана общая схема водоотведения города.

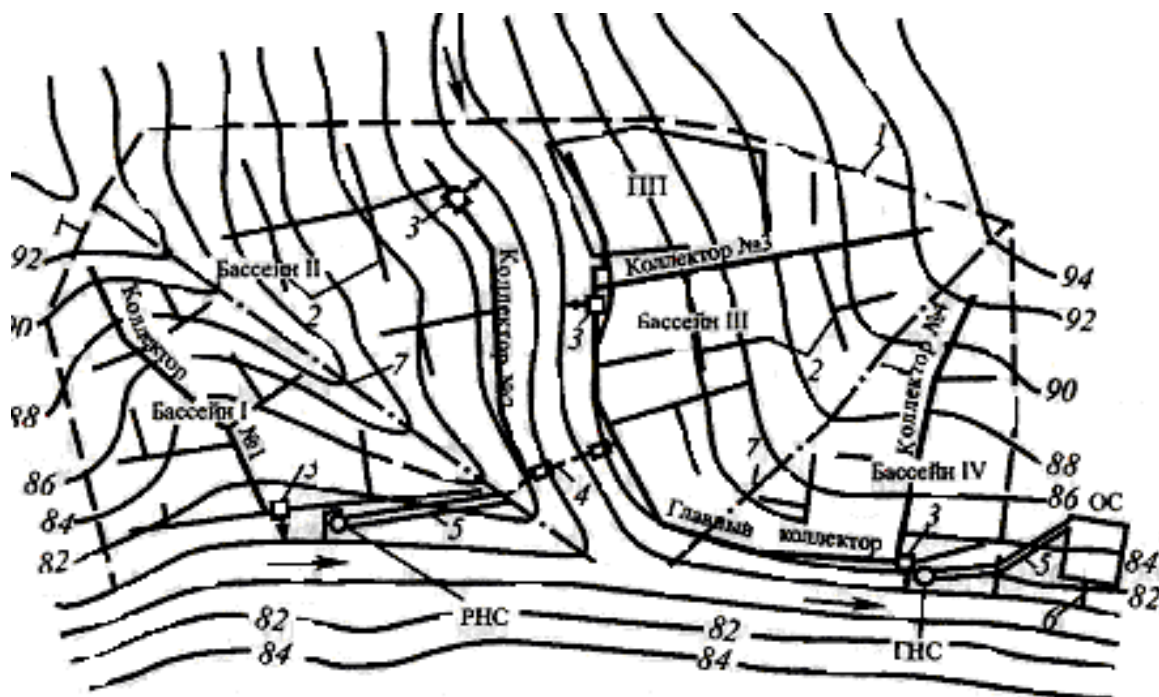


Рис. 26. Общая схема водоотведения города:

РНС – районная насосная станция; ГНС – главная насосная станция; ОС – очистные сооружения; ПП – промышленное предприятие; 1 – граница города; 2 – наружная (внешняя) водоотводящая сеть трубопроводов; 3 – ливнеспуски; 4 – дюкер; 5 – напорные трубопроводы; 6 – выпуск очищенных сточных вод; 7 – линии водоразделов

Система водоотведения состоит из следующих основных элементов:

- 1) внутренние водоотводящие сети в зданиях, оснащенных санитарно-техническим оборудованием;
- 2) внутриквартальные водоотводящие сети;
- 3) наружная водоотводящая сеть;
- 4) аварийно-регулирующие резервуары;
- 5) специальные сооружения;
- 6) насосные станции и напорные трубопроводы;
- 7) станции очистки сточных вод;
- 8) выпуски аварийных (неочищенных) потоков сточных вод.

Внешняя (наружная) водоотводящая сеть, называемая иногда уличной, представляет собой систему подземных трубопроводов, уложенных с уклоном в направлении движения воды. Она рассчитывается на самотечное (безнапорное) движение жидкости с частичным или полным заполнением труб при расчетных условиях (наибольших расходах). В целях уменьшения глубины заложения трубопроводы должны трассироваться в направлении, совпадающем с уклоном поверхности земли.

При составлении схемы водоотводящей сети обслуживаемый объект разбивается на бассейны водоотведения. **Бассейн водоотведения** – часть территории обслуживаемого объекта, ограниченная линиями водоразделов и границами объекта. Внешняя водоотводящая сеть может быть разделена на

уличную сеть, коллекторы бассейнов водоотведения и главные коллекторы. Уличная сеть – это трубопроводы, проложенные по части периметра квартала (с нижней стороны по рельефу) или по всему его периметру с присоединением внутриквартальных сетей.

Коллекторы бассейнов водоотведения – трубопроводы, предназначенные для приема и отвода воды от части или целого бассейна водоотведения.

Главными коллекторами вода транспортируется к насосным станциям или очистным сооружениям.

Для осмотра трубопроводов, выполнения профилактических и ремонтных работ на водоотводящей сети предусматриваются смотровые колодцы и камеры. В местах пересечения самотечных трубопроводов с естественными препятствиями (реками, оврагами) и подземными сооружениями строятся штольни или эстакады (мосты). Иногда пересечения выполняются в виде дюкера. При равнинном рельефе глубина заложения трубопроводов возрастает в зависимости от их протяженности. При глубине 6–8 м прокладка трубопроводов открытым способом затруднена, поэтому переходят на закрытые методы строительства или осуществляют перекачку сточных вод.

Для приема в водоотводящую сеть дождевых вод строятся дождеприемники, конструкция которых аналогична конструкции смотровых колодцев, но сверху они завершаются приемной решеткой. В период интенсивных ливней загрязнение смеси транспортируемых сточных вод снижается, что позволяет сбрасывать часть сточных вод в водоем без очистки. Для сброса воды на коллекторах, уложенных вдоль реки, предусматриваются специальные сооружения-ливнеспуски.

Аварийные и регулирующие резервуары представляют собой оборудованные емкости, обеспечивающие аккумуляцию сточных вод в период максимального их притока. Сброс или откачка воды из резервуаров производится в периоды снижения притока сточных вод самотеком или с использованием насосных станций.

Местные насосные станции используют для подъема и перекачки воды от одного объекта или группы зданий.

Районные насосные станции (РНС) применяют для перекачки стоков от части или целого бассейна водоотведения.

Главные насосные станции (ГНС) перекачивают стоки на станцию очистки сточных вод. Для повышения надежности работы сооружений водоотведения напорные трубопроводы выполняют в две линии.

Очистные сооружения (ОС) системы водоотведения представляют собой комплекс сооружений для очистки сточных вод и обработки осадков. Удаление загрязнений из сточных вод достигается с помощью механических, биохимических и физико-химических процессов очистки воды. Заключительным этапом обработки сточных вод перед сбросом в открытый водоем обычно является обеззараживание. При проектировании сооружений станции очистки сточных вод предусматривается самотечное движение воды.

Все элементы водоотведения взаимосвязаны в работе. Поэтому проектирование и развитие сооружений реализуется с учетом необходимой

степени надежности, что требует разработки специальных мероприятий в технологии водоотведения, очистки сточных вод и обработки осадков.

9.3. Системы водоотведения городов

В мировом историческом опыте строительства водоотводящих систем просматриваются различные тенденции развития технологических приемов объединения или разъединения потоков сточных вод различного происхождения. В зависимости от вида объединения различают *общесплавные*, *раздельные* и *комбинированные* системы. Раздельные системы в свою очередь подразделяются на полные раздельные, неполные раздельные и полураздельные.

Общесплавная система водоотведения имеет единую водоотводящую сеть для отведения сточных вод всех видов: бытовых, производственных и дождевых, их применяют при наличии рядом с обслуживаемым объектом мощных проточных водоемов, обладающих значительной самоочищающей способностью. Особенностью этой системы является оснащение главного коллектора ливнеспуском для сброса смеси сточных вод в водоем без очистки с обязательным учетом обеспечения установленных для них санитарных требований.

Полная раздельная система водоотведения имеет несколько водоотводящих сетей, каждая из которых предназначена для отведения сточных вод определенного вида. Она имеет сети для отвода бытовых вод от города и промышленных предприятий (бытовая сеть), производственных вод (производственная сеть) и дождевых вод (водостоки или дождевая сеть).

При полной раздельной системе водоотведения очистка поверхностного стока может быть реализована дифференцированно с созданием локальных очистных сооружений на дождевой сети или созданием централизованных очистных сооружений за пределами обслуживаемого объекта.

Неполная раздельная система водоотведения имеет одну водоотводящую сеть, состоящую из подземных трубопроводов и каналов, предназначенную для отведения смеси бытовых и производственных сточных вод на городские очистные сооружения. По этой производственно-бытовой сети отводится смесь, называемая городскими сточными водами. Отведение и сброс дождевых вод без очистки в водоем производится по открытым лоткам, кюветам и канавам. Обычно эта система применяется для небольших объектов и при дальнейшем улучшении благоустройства населенных мест развивается в полную раздельную систему водоотведения.

Полураздельная система водоотведения имеет две водоотводящие сети - производственно-бытовую и дождевую, в местах пересечения этих сетей устраиваются разделительные камеры. При малых расходах воды в дождевой сети камеры перепускают весь расход дождевых вод в главный общесплавной коллектор производственно-бытовой сети. При больших расходах камеры перепускают в производственно-бытовую сеть наиболее загрязненную часть воды, протекающей по трубам в донной части. Таким образом, на очистку

направляются наиболее загрязненные дождевые воды, образующиеся в начальный период дождя, и донные слои воды, имеющие наиболее высокие концентрации загрязнений. При больших расходах воды в дождевой сети менее загрязненные дождевые воды отводятся в водоем без очистки.

Комбинированная система водоотведения обычно возникает исторически, в результате разной технической политики, реализуемой на различных этапах благоустройства города. При этом часть обслуживаемого объекта имеет общесплавную систему, а часть – полную раздельную. В силу происхождения комбинированные системы водоотведения занимают по санитарно-технической эффективности промежуточное положение.

При разработке системы водоотведения городов и промышленных предприятий необходимо учитывать:

- возможность сокращения объемов загрязненных сточных вод за счет устройства замкнутых систем;
- возможность последовательного использования воды в различных технологических процессах с различными требованиями к ее качеству;
- необходимость очистки наиболее загрязненной части поверхностного стока, образующегося в период выпадения дождей, таяния снега и мойки дорожных покрытий.

10. ВОДООТВОДЯЩИЕ СЕТИ

10.1. Схемы водоотводящих сетей населенных пунктов

Схемой водоотводящей сети называют проектное решение принятой системы водоотведения, изображенной на генплане канализуемого объекта с учетом местных топографических и гидрогеологических условий и перспектив дальнейшего развития. Начертание схемы водоотведения на генплане в основном зависит от рельефа местности, так как наиболее технологично транспортирование сточных вод осуществлять по трубопроводам в самотечном режиме, при которых энергозатраты минимальны. Главные водоотводящие коллекторы направляются за пределы города ниже по течению проточного водоема на расстояние, предусмотренное правилами санитарной зоны разрыва. В зависимости от основных факторов схемы водоотводящих сетей могут подразделяться на несколько видов.

Перпендикулярная схема (децентрализованная) (рис. 27, а) – коллекторы бассейнов водоотведения прокладываются перпендикулярно направлению потока воды водоема, перпендикулярно горизонталям. По такой схеме выполняют водосточную сеть при полной раздельной системе водоотведения. При этом дождевые воды децентрализованно сбрасываются в водоем без очистки или с очисткой.

При **пересеченной схеме (централизованной)** (рис. 27, б) – коллекторы бассейнов водоотведения пересекаются главным коллектором, направляемым параллельно реке. Эта схема применяется для отведения сточных вод,

требующих обязательной очистки. Они используются при полной раздельной системе водоотведения для городских сточных вод.

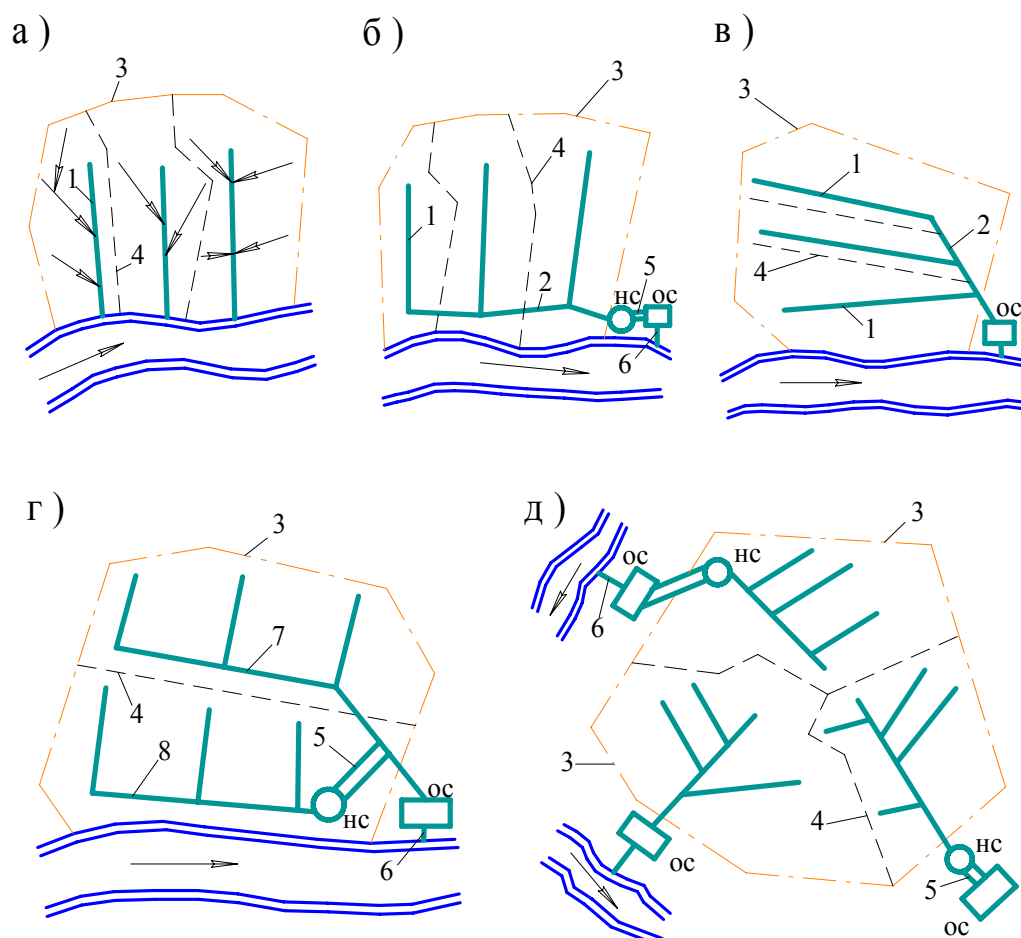


Рис.27. Схемы водоотводящих сетей:

а – перпендикулярная; *б* – пересеченная; *в* – параллельная; *г* – зонная; *д* – радиальная; 1 – коллекторы бассейнов водоотведения; 2 – главные коллекторы; 3 – граница обслуживаемого объекта; 4 – граница бассейнов водоотведения; 5 – напорный трубопровод; 6 – выпуск; 7 и 8 – главные коллекторы соответственно верхней и нижней зон

Параллельная схема (веерная централизованная) (рис. 27, *в*) – коллекторы бассейнов водоотведения направляются параллельно или под небольшим углом к направлению потока воды в водоеме и пересекаются с главным коллектором, транспортирующим сточные воды к очистным сооружениям.

Эту схему применяют при резком падении рельефа местности к водоему. Она позволяет исключить в коллекторах бассейнов водоотведения повышенные скорости движения воды, вызывающие абразивный износ трубопроводов.

Зонная схема (централизованная) (рис. 27, *г*) – обслуживаемая территория разбивается на две зоны: с верхней сточные воды отводятся к очистным сооружениям самотеком, а с нижней они перекачиваются насосной станцией. Эта схема наименее энергоемка, и поэтому при разработке схемы водоотведения города необходима проработка таких вариантов.

Радиальная (децентрализованная) схема (рис. 27, *д*) – отведение сточных вод реализуется на несколько очистных станций. Радиальную схему водоотведения применяют при сложном рельефе местности и в больших городах.

Основным принципом при разработке схемы водоотводящих сетей является максимальное использование падения рельефа местности, а направление коллекторов по ходу движения воды должно совпадать с уклоном поверхности земли. Так как очистные сооружения располагаются ниже обслуживаемого объекта по течению реки, то и направление главного коллектора совпадает с направлением течения воды в реке. Возможность самотечного или напорного отведения сточных вод устанавливается при построении продольного профиля главного коллектора. Ориентировочное место расположения насосных станций перекачки намечается в пониженных местах или в конечной части коллекторов и окончательно определяется после проработки вариантов.

Заключительный этап – трассировка уличных трубопроводов, обеспечивающих отведение воды от каждого квартала застройки. Основной принцип трассировки диктуется необходимостью обеспечения минимального объема земляных работ, что достигается укладкой труб на наименьшей возможной глубине. Выполняется по трем основным схемам: *объемлющая, по пониженной стороне квартала, черезквартальная*.

10.2. Расчет и проектирование водоотводящих сетей

10.2.1. Расчетные расходы бытовых сточных вод

Расчет водоотводящих сетей состоит в определении диаметров и уклонов трубопроводов, обеспечивающих при наиболее благоприятных гидравлических условиях пропуск расходов сточных вод в любой момент времени. Поскольку самотечное движение сточных вод в энергетическом отношении является наиболее выгодным, то основная задача при проектировании заключается в построении продольного профиля коллекторов, определяющего объемы земляных работ и положения водоотводящих трубопроводов в подземной части относительно других инженерных коммуникаций.

Удельные нормы водоотведения, зависящие от уровня санитарно-технического оборудования зданий и климатических условий, приведены в табл. 2 настоящего пособия.

В отдельных микрорайонах для зданий с повышенными требованиями к благоустройству удельные нормы могут достигать 400–600 л/сут на одного жителя.

Удельное водоотведение производственных сточных вод – это количество воды, м³, отводимое на единицу выпускаемой продукции. Величина удельного водоотведения зависит от вида производства и степени совершенства водной технологии.

Приток сточных вод колеблется по суткам в пределах года и по часам суток. Коэффициент суточной неравномерности поступления сточных вод:

$$K_{gen.max} = K_{сут} \cdot K_{ч} = Q_{max} / Q_{ср.ч.} \quad (34)$$

где Q_{max} и $Q_{ср.ч.}$ – максимальный часовой расход в дни с максимальным водоотведением и средний часовой расход в сутки со средним водоотведением.

Коэффициент суточной неравномерности используют при анализе колебаний бытовых сточных вод от города. В зависимости от местных условий он равен 1,1–1,3.

Общий коэффициент неравномерности есть отношение максимального часового расхода в сутки с максимальным поступлением сточных вод к среднечасовому расходу в сутки со средним водоотведением, а также зависит от величины среднего расхода сточных вод.

Для надежности действия некоторых сооружений водоотведения необходимо знать минимальные расходы, то есть значения общего минимального коэффициента неравномерности:

$$K_{\min} = Q_{\min} / Q_{\text{ср.ч.}} \quad (35)$$

где $Q_{\min}$ – минимальный часовой расход в сутки с минимальным водоотведением.

В табл. 10 показаны значения коэффициентов неравномерности от среднесекундного расхода, с помощью которых вычисляют значения расчетных максимальных и минимальных расходов сточных вод.

Т а б л и ц а 10

Коэффициенты неравномерности притока бытовых вод города

Общий коэффициент неравномерности	Средний расход сточных вод, л/с								
	5	10	20	50	100	300	500	1000	5000 и более
$K_{\text{ген. max}}$	2,5	2,1	1,9	1,7	1,6	1,55	1,5	1,47	1,44
$K_{\text{ген. min}}$	0,38	0,45	0,5	0,55	0,59	0,62	0,66	0,69	0,71

Примечания:

1. Общие коэффициенты неравномерности притока сточных вод допускается принимать при количестве производственных сточных вод, не превышающих 45 % общего расхода.
2. При промежуточном значении среднего расхода сточных вод общие коэффициенты неравномерности следует определять интерполяцией.

Расчетные расходы бытовых и производственных сточных вод являются определяющими при расчете сооружений водоотведения.

Для расчета водоотводящих сооружений используются средний и максимальный суточный, часовой и секундный расходы.

Максимальный секундный расход удобно определять по формуле:

$$q_{\max s} = q_0 \cdot F \cdot K, \quad (36)$$

где F – селитебная площадь кварталов, га;

q_0 – модуль стока, л/с·га – обобщенный показатель расхода с единицы площади жилых кварталов, определяемый по формуле:

$$q_0 = q_6 \cdot P / (24 \cdot 3600), \quad (37)$$

где P – плотность населения, чел/га.

Нормами водоотведения бытовых вод от города не учитываются расходы воды, поступающие от домов отдыха, санаториев, профилакториев и др. Эти расходы воды определяются и учитываются отдельно.

10.2.2. Расходы сточных вод от промышленных предприятий

Расчетные расходы производственных сточных вод (от технологических процессов) определяют по формулам:

$$Q_{\text{ср.сут}} = P_{\text{сут}} \cdot q; \quad (38)$$

$$Q_{\text{max. s}} = P_{\text{см}} \cdot q \cdot K_h \cdot 1000 / T \cdot 3600, \quad (39)$$

где $Q_{\text{ср.сут}}$ и $q_{\text{max. s}}$ – расчетные расходы сточных вод соответственно в м³/сут и л/с;

q – норма водоотведения производственных вод;

$P_{\text{сут}}$, $P_{\text{см}}$ – количество выпускаемой продукции соответственно за сутки и за смену продолжительностью T , ч;

K_h – коэффициент часовой неравномерности водоотведения производственных сточных вод, зависящий от отрасли промышленности, вида выпускаемой продукции и степени совершенства технологического процесса. При проектировании коэффициент K_h следует принимать на основании опыта работы аналогичных промышленных предприятий или по рекомендациям технологов.

Расчет, выполненный по вышеизложенным формулам, позволяет установить экстремальные часовые расходы сточных вод и расходы за другое время.

10.2.3. Гидравлический расчет водоотводящей сети

В практике строительства водоотводящих сетей наиболее широко используются трубы круглого сечения, которые в большей степени удовлетворяют гидравлическим, технологическим, строительным и другим требованиям, однако возможно применение других форм поперечных сечений водоотводящих элементов системы. Круглый трубопровод имеет гидравлически наиболее выгодную форму, обладает большей пропускной способностью и удовлетворяет требованиям индустриализации строительства. Круглая форма сечения предпочтительна для осуществления прочисток от выпавшего осадка.

Окончательный выбор сечения коллекторов производится на основании технико-экономического сравнения вариантов на стадии выполнения технического проекта.

Водоотводящую сеть рассчитывают на частичное наполнение труб. Самоотечный режим течения с частичным наполнением сечения трубопроводов позволяет:

- создать некоторый резерв в сечении труб для пропуска расхода, превышающего расчетный;
- создать лучшие условия для транспортирования взвешенных загрязнений;
- обеспечить вентиляцию сети.

Степень наполнения труб характеризуется отношением высоты слоя жидкости к диаметру трубопровода h/d .

Расчет самотечных трубопроводов заключается в определении их диаметра (или размеров коллектора, если он имеет не круглую форму), уклона, наполнения и скорости. Предварительно определяется расход, который является исходным для расчета. Расчет трубопроводов не только гидравлическая задача, полученные результаты должны удовлетворять технологическим и экономическим требованиям, о которых будет сказано ниже.

В целях упрощения гидравлических расчетов водоотводящих сетей движение воды в них условно принимается установившимся и равномерным.

Все методики гидравлического расчета как водопроводных, так и канализационных сетей основаны на явлении постоянства расхода, описываемого формулой:

$$q = \omega \cdot v \quad (40)$$

где q – расчетный расход, $\text{м}^3/\text{с}$;

ω – площадь живого сечения, м^2 ;

v – скорость движения жидкости, $\text{м}/\text{с}$.

По результатам исследований с учетом шероховатости стенок трубопроводов из различных материалов получены зависимости между значениями расходов, диаметров, уклонов, скоростей и наполнениями труб. Обработанные результаты сведены в специальные таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров [9],[11].

Наименьшие диаметры труб самотечных сетей следует принимать, мм:

– для уличной сети – 200, для внутриквартальной сети бытовой и производственной канализации – 150;

– для дождевой и общесплавной уличной сети – 250, внутриквартальной – 200.

Наибольшее расчетное наполнение труб в сети бытовой канализации рекомендуется принимать в зависимости от диаметра труб:

диаметр труб, мм	150–250	300–400	450–900	более 900
h/d (не более)	0,6	0,7	0,75	0,8

В расчетах канализационных сетей любого назначения минимальная (*самоочищающая*) скорость, обеспечивающая предотвращение выпадения осадка и образование отложений, зависит от диаметров труб и принимается не менее 0,7 $\text{м}/\text{с}$.

Методы решения различных задач по расчету трубопроводов изложены в специальной литературе.

После определения расчетных расходов на участках водоотводящей сети проводится гидравлический расчет, обеспечивающий разработку наиболее надежной и экономически эффективной системы водоотведения при соблюдении ряда важнейших оптимальных условий:

– необходимо обеспечить условия самоочищения сети, то есть скорости движения сточных вод на любом участке сети не должны быть меньше минимально допустимых для принятого диаметра труб;

- для обеспечения вентиляции сети и возможного сверхрасчетного поступления сточных вод расчетное наполнение труб не должно превышать рекомендуемые для соответствующего диаметра;

- следует соблюдать принцип наращивания скоростей по длине коллектора при плавном слабовыраженном рельефе местности. Исключение допускается при переходе коллектора с крутого участка поверхности земли на более плоский при резком уменьшении уклона трубопровода. Во избежание чрезмерного заглубления коллектора скорость на таких участках может уменьшиться при условии, что ее значения не будут ниже самоочищающих;

- необходимо обеспечить возможность самотечного присоединения боковых линий;

- не следует создавать подпор в сети;

- необходимо обеспечить наименьшую по техническим условиям глубину заложения сети;

- при больших уклонах местности скорости сточных вод не должны превышать скоростей, предельно допустимых для выбранного материала труб;

- необходимо уменьшать количество насосных станций;

- следует обеспечивать возможность расположения коллекторов на нормативно допустимых расстояниях от других трубопроводов и подземных сооружений как по горизонтали, так и по вертикали.

Важнейший этап проектирования водоотводящей сети – гидравлический расчет трубопроводов, в итоге которого строится продольный профиль коллекторов, должен реализовываться с учетом всех выше указанных условий оптимизации.

При проектировании системы водоотведения решается вопрос о соединении труб по высоте. В инженерной практике применяются два способа соединения труб в расчетной точке: шельга в шельгу и по уровням воды.

На рис. 28, а, б показаны схемы соединения трубопроводов одинакового диаметра, а на рис. 28, в, г – трубопроводов разного диаметра.

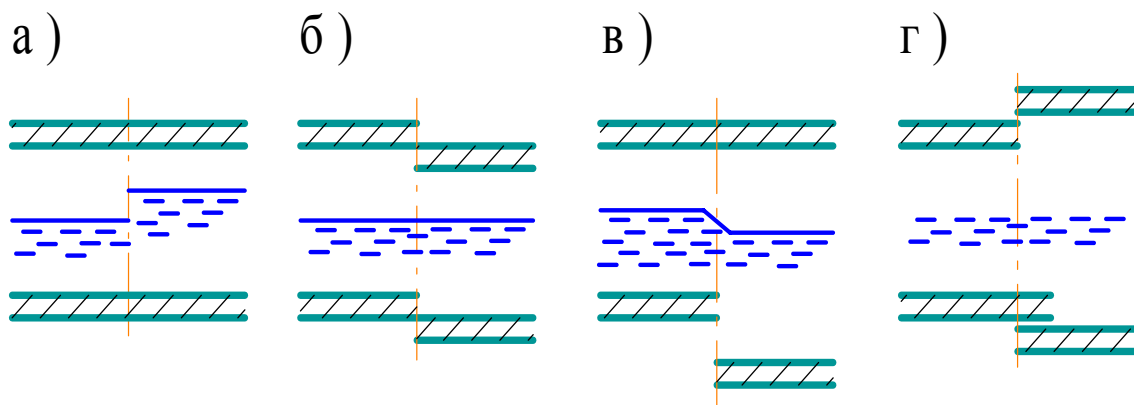


Рис. 28. Схемы соединения труб: а, в – шельга в шельгу; б, г – по уровням воды

Соединение трубопроводов осуществляется в пределах смотровых колодцев. Опыт эксплуатации показывает, что для объектов водоотведения, имеющих равнинный характер со слабовыраженным рельефом местности,

предпочтительны соединения труб одинакового диаметра по уровням воды, а разного диаметра – шельга в шельгу.

11. СООРУЖЕНИЯ ПО ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД

11.1. Формирование состава, свойства сточных вод

В понятие «сточные воды» входят различные по происхождению, составу и физическим свойствам воды, которые использовались человеком для бытовых и технологических нужд. При этом вода получила загрязнения, и ее физико-химические свойства изменились. Сточные воды разнообразны по составу и, следовательно, по свойствам.

Загрязнения сточных вод по своей природе подразделяются на *органические, минеральные и биологические*.

Органические загрязнения – это примеси растительного и животного происхождения.

Минеральные загрязнения – это кварцевый песок, глина, щелочи, минеральные кислоты и их соли, минеральные масла и т. д.

Биологические и бактериальные загрязнения – это различные микроорганизмы: дрожжевые и плесневые грибки, мелкие водоросли и бактерии, в том числе болезнетворные – возбудители брюшного тифа, паратифа, дизентерии и др.

По размеру частиц все примеси сточных вод, независимо от их происхождения, разделяют на четыре группы:

К первой группе примесей относят не растворимые в воде грубодисперсные примеси. Нерастворимыми могут быть примеси органической или неорганической природы. К этой группе относят микроорганизмы (простейшие, водоросли, грибы), бактерии и яйца гельминтов. Эти примеси образуют с водой неустойчивые системы. При определенных условиях они могут выпадать в осадок или всплывать на поверхность воды. Значительная часть загрязнений этой группы может быть выделена из воды в результате гравитационного осаждения.

Вторую группу примесей составляют вещества коллоидной степени дисперсности. Гидрофильные и гидрофобные коллоидные примеси этой группы образуют с водой системы с особыми молекулярно-кинетическими свойствами. В зависимости от физических условий примеси этой группы способны изменять свое агрегатное состояние. Их малый размер частиц затрудняет осаждение под действием сил тяжести.

К третьей группе относят примеси с молекулярной степенью дисперсности. При их взаимодействии с водой образуются растворы. Для очистки сточных вод от примесей третьей группы применяют биологические и физико-химические методы.

Примеси четвертой группы имеют размер частиц, соответствующий ионной степени дисперсности. Это растворы кислот, солей и оснований. Некоторые из них, в частности аммонийные соли и фосфаты, частично удаляются из

воды в процессе биологической очистки. Однако технология очистки бытовых сточных вод (полная биологическая очистка) не позволяет изменить содержание воды. Для снижения концентрации солей используют следующие физико-химические методы очистки: ионный обмен, электродиализ и т. д.

Состав сточных вод и их свойства оценивают по результатам санитарно-химического анализа, включающего, наряду со стандартными химическими тестами, целый ряд физических, физико-химических и санитарно-бактериологических определений.

Температура – один из важных технологических показателей. Функцией температуры является вязкость жидкости и, следовательно, сила сопротивления оседающим частицам. Поэтому температура – один из определяющих факторов процесса седиментации. Важнейшее значение имеет температура для биологических процессов очистки, так как от нее зависят скорости биохимических реакций и растворимость кислорода в воде.

Окраска – один из органолептических показателей качества сточных вод. Хозяйственно-фекальные сточные воды обычно слабо окрашены и имеют желтовато-буроватые или серые оттенки. Наличие интенсивной окраски различных оттенков – свидетельство присутствия производственных сточных вод.

Запах – показатель, характеризующий наличие в воде пахнущих летучих веществ. Обычно запах определяют качественно при температуре пробы 20°C и описывают как фекальный, гнилостный, керосиновый, фенольный и т.д.

Концентрация ионов водорода выражается величиной pH. Этот показатель чрезвычайно важен для биохимических процессов, скорость которых может существенно снижаться при резком изменении реакции среды. Установлено, что сточные воды, подаваемые на сооружения биологической очистки, должны иметь значение pH в пределах 6,5–8,5. Городские сточные воды обычно имеют слабощелочную реакцию среды (pH = 7,2–7,8).

Прозрачность характеризует общую загрязненность сточной воды нерастворенными и коллоидными примесями, не идентифицируя вид загрязнений. Прозрачность городских сточных вод обычно составляет 1–3 см, а после очистки увеличивается до 15 см.

Количество *сухого и плотного остатка* характеризует общую загрязненность сточных вод органическими и минеральными примесями в различных агрегативных состояниях (в мг/л): в первом случае в натуральной пробе, во втором – в фильтрованной. Определяется этот показатель после выпаривания и дальнейшего высушивания при $t = 105^\circ\text{C}$ пробы сточной воды. После прокаливании (при $t = 600^\circ\text{C}$) определяется зольность сухого остатка. По этим двум показателям можно судить о соотношении органической и минеральной частей загрязнений в сухом остатке.

Взвешенные вещества – показатель, характеризующий количество примесей, которое задерживается на бумажном фильтре при фильтровании пробы. Это один из важнейших технологических показателей качества воды, используемый в качестве расчетного параметра при проектировании первичных отстойников и позволяющий оценить количество осадков, образующихся в процессе очистки сточных вод. Количество взвешенных веществ – один из

основных нормативов при расчете необходимой степени очистки сточных вод. Концентрация взвешенных веществ в городских сточных водах обычно составляет 100–500 мг/л.

Оседающие вещества – часть взвешенных веществ, оседающих на дно отстойного цилиндра за 2 ч отстаивания. Этот показатель характеризует способность взвешенных частиц к оседанию, позволяет оценить максимальный эффект отстаивания и максимально возможный объем осадка, который может быть получен в условиях покоя. В городских сточных водах оседающие вещества в среднем составляют 60–75 % общей концентрации взвешенных веществ.

Окисляемость – групповой показатель. Различают химическую окисляемость (ХПК), если при определении используют химический окислитель, и биохимическую (БПК), когда роль окислительного агента выполняют аэробные бактерии. БПК – кислородный эквивалент степени загрязненности сточных вод биохимически окисляемыми органическими веществами, определяющий количество кислорода, необходимое для жизнедеятельности микроорганизмов, участвующих в окислении органических соединений.

Азот находится в сточных водах в виде органических и неорганических соединений. В городских сточных водах основную часть органических азотистых соединений составляют вещества белковой природы – фекалии, пищевые отходы. Неорганические соединения азота представлены восстановленными – NH_4^+ и NH_3 окисленными формами NO_2^- и NO_3^- . В городских сточных водах до их очистки азот в окисленных формах (в виде нитритов и нитратов), как правило, отсутствует. Нитриты и нитраты восстанавливаются группой денитрифицирующих бактерий до молекулярного азота. Окисленные формы азота могут появиться в сточной воде лишь после биологической очистки.

Источником соединений *фосфора* в сточных водах являются физиологические выделения людей, отходы хозяйственной деятельности человека и некоторые виды производственных сточных вод.

Концентрации азота и фосфора в сточных водах – важнейшие показатели санитарно-химического анализа, имеющие значение для биологической очистки. Азот и фосфор – необходимые компоненты состава бактериальных клеток. Их называют *биогенными* элементами. При отсутствии азота и фосфора процесс биологической очистки невозможен.

Хлориды и сульфаты – показатели, концентрация которых влияет на общее солесодержание.

В группу *тяжелых металлов* и других токсичных элементов входит большое число элементов, которое по мере накопления знаний о процессах очистки все более возрастает. К токсичным тяжелым металлам относят железо, никель, медь, свинец, цинк, кобальт, кадмий, хром, ртуть; к токсичным элементам, не являющимся тяжелыми металлами, – мышьяк, сурьма, бор, алюминий и т.д.

Источник тяжелых металлов – производственные сточные воды машиностроительных заводов, предприятий электронной, приборостроительной и других отраслей промышленности. В сточных водах тяжелые металлы содержатся в виде ионов и комплексов с неорганическими и органическими веществами.

Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) – органические соединения, состоящие из гидрофобной и гидрофильной частей, обуславливающих растворение этих веществ в маслах и в воде.

Нефтепродукты – соединения, концентрация которых в водоемах строго нормируется, и, поскольку на городских очистных сооружениях степень их задержания не превышает 85 %, в поступающей на станцию сточной воде также ограничивается содержание нефтепродуктов.

Санитарно-бактериологические показатели включают: определение общего числа аэробных сапрофитов (микробное число), бактерий группы кишечной палочки и анализ на яйца гельминтов.

Микробное число оценивает общую обсемененность сточных вод микроорганизмами и косвенно характеризует степень загрязненности воды органическими веществами – источниками питания аэробных сапрофитов. Этот показатель для городских сточных вод колеблется в пределах 10^6 – 10^8 .

11.2. Условия сброса сточных вод в городскую отводящую сеть и водоемы

При расположении промышленного предприятия в черте города или вблизи него загрязненные производственные сточные воды могут сбрасываться в городскую водоотводящую сеть. Для предотвращения нарушения технологического процесса биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод сбрасываемые воды должны удовлетворять определенным требованиям. Основные из них сводятся к следующему:

- производственные сточные воды не должны быть агрессивными по отношению к материалам водоотводящих сетей и сооружений, не должны содержать примеси такой крупности и такого удельного веса, которые могли бы засорять водоотводящую сеть города;
- в производственных сточных водах не должно быть горючих примесей - бензина, нефтепродуктов, эфиров, а также растворенных газообразных веществ, которые могли бы образовывать взрывоопасные смеси. При биологической очистке городских стоков концентрация нефтепродуктов не должна превышать допустимого предела для процесса биохимической очистки;
- температура смеси хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод не должна превышать 40°C ;
- сбрасываемые в городскую водоотводящую сеть сточные воды не должны содержать бактерий, попадающих с продуктами выработки вакцин и сывороток;
- средние значения pH не должны превышать значений 6,5–7;

– производственные сточные воды, не отвечающие предъявляемым требованиям, подвергаются предварительной очистке на соответствующих локальных установках. Общие требования к производственным сточным водам, поступающим в городскую водоотводящую сеть, определяются администрацией населенного пункта и организациями, обеспечивающими очистку сточных вод населенного пункта и промышленных предприятий. Эти требования определяются с учетом условий сброса очищенных сточных вод в водный источник, а также эффективности работы очистных сооружений системы водоотведения в данном населенном пункте.

Концентрация поступающих в водоем загрязняющих веществ регламентируется разбавлением, условиями смешения и прохождением комплекса химических, физико-химических и биологических процессов превращений и деструкции этих веществ, который называется процессом **самоочищения водоема**. Для удовлетворения санитарных требований устанавливают предельно допустимый сброс (ПДС) лимитирующих веществ в целях ограничения поступления загрязнений в водоем со сточными водами.

Санитарная характеристика водоема составляется на основании санитарно-топографического обследования с учетом санитарных условий водообеспечения населенных мест. На основании таких обследований составлены показатели качества воды источников водопользования. Они разделяются на три класса (табл. 11).

Т а б л и ц а 11

Показатели качества воды по классам при водопользовании

Определяемые показатели	Показатели качества воды по классам		
	1-й	2-й	3-й
<i>Подземные источники</i>			
Мутность, мг/л	1,5	1,5	10
Цветность, град.	20	20	50
Водородный показатель, рН	6–9	6–9	6–9
Железо, мг/л	0,3	10	20
Марганец, мг/л	0,1	1	7
Сероводород, мг/л	0	3	10
Фтор, мг/л	0,7–1,5	0,7–1,5	5
Число бактерий группы кишечной палочки (БГКП), количество в 1 л	3	100	1000
<i>Поверхностные источники</i>			
Мутность, мг/л	20	1500	10000
Цветность, град.	35	120	200
Запах, балл	2	3	4
Водородный показатель, рН	6,5–8,5	6,5–8,5	6,5–8,5
Железо, мг/л	1	3	5
Марганец, мг/л	0,1	1	2
Фитопланктон, мг/л	1	5	50
Окисляемость перманганатная, мг/л O ₂	7	15	20
БПК _{полн} , мг/л	3	5	7

Т а б л и ц а 12

**Допустимые изменения состава воды в водоемах и водотоках
после выпуска в них очищенных сточных вод**

Показатели состава и свойств воды в водоеме после выпуска сточных вод	Требования к составу и свойствам воды в водоеме			
	Категории хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения		Категории рыбохозяйственного назначения	
	I	II	I	II
Содержание взвешенных веществ	Допускается увеличение не более чем на:			
	0,25 мг/л	0,75 мг/л	0,25 мг/л	0,75 мг/л
	Для водоемов, содержащих в межень более 30 мг/л природных минеральных веществ, допускается увеличение содержания на 5% (взвешенные вещества со скоростью осаждения более 0,4 мм/с для проточных водоемов и более 0,2 мм/с для водохранилищ к спуску запрещаются).			
Пленки нефтепродуктов, масел, жиров и других плавающих примесей	Не допускаются			
Запахи, привкусы и окраска	Допускаются запахи и привкусы интенсивностью не более 2 баллов (непосредственно или после хлорирования воды). Окраска не должна обнаруживаться в столбике воды высотой:		Посторонние запахи, привкусы и окраска воды, влияющие на мясо рыб, не допускаются.	
	20см	10см		
Температура воды	Допускается повышение не более чем на 3°С по отношению к среднемесячной температуре самого жаркого месяца.		Допускается повышение не более чем на 5°С к естественной температуре воды (при наличии холодноводных рыб - лососевые, сиговые - общая температура воды не должна превышать 20°С летом и 5°С зимой; в остальных случаях - 28°С и 8°С).	
Водородный показатель	Не должен выходить за пределы 6,5-8,5			
Минеральный состав воды	Сухой остаток должен быть не более 1000 мг/л (в том числе хлориды до 300 и сульфаты до 100 мг/л).		Не нормируется	
Наличие растворенного кислорода	Должно быть не менее 4 мг/л		Должно быть не менее 6 мг/л	Зимой подо льдом должно быть не менее 4 мг/л, летом - не менее 6 мг/л
Биохимическая потребность в кислороде БПК _{полн} при температуре 20°С	Не должна превышать			
	3 мг/л	6 мг/л	3 мг/л (если в зимний период содержание кислорода в воде снижается для водоемов I категории до 6 мг/л, II категории до 4 мг/л, то разрешается только сброс воды, не влияющий на БПК).	
Возбудители заболеваний	Не допускаются (после обеззараживания биологически очищенных вод коли-индекс не должен превышать 1000 при содержании остаточного хлора 1,5 мг/л).		-	
Токсичные вещества	Не допускаются в концентрациях, которые могут оказать прямо или косвенно вредное воздействие на живые организмы.			

По своему назначению водные источники делятся на **рыбохозяйственные, хозяйственно-бытовые и культурно-бытовые**.

Рыбохозяйственные объекты в свою очередь подразделяются на две категории. К первой относят объекты, используемые для сохранения и воспроизводства ценных пород рыб, обладающих высокой чувствительностью к кислороду. Ко второй – все водные объекты, используемые для других рыбохозяйственных целей.

11.3. Определение необходимой степени очистки сточных вод

Технологические расчеты необходимой степени очистки сточных вод базируются на уравнении материального баланса. Определение необходимой степени очистки сточных вод выполняется *по содержанию взвешенных веществ, БПК_{полн}, растворенному кислороду* и другим показателям.

При сбросе стоков, содержащих токсичные вещества, необходимо произвести оценку качества сбрасываемой воды по предельно допустимой концентрации. При наличии в воде веществ, потребляющих большое количество растворенного в воде водоема кислорода, возможность их сброса устанавливается специальным расчетом – по потреблению растворенного кислорода.

При расчете учитывается снижение БПК воды за счет разбавления и биохимических процессов самоочищения сточных вод от органических веществ в летний период.

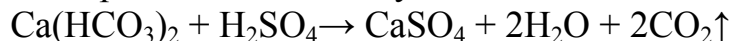
Вычисляя необходимую степень очистки по растворенному кислороду в воде водоема, допустимую максимальную величину БПК спускаемых в водоем сточных вод определяют по требованиям санитарных правил. При этом минимальное содержание растворенного кислорода должно быть 4 или 6 мг/л после спуска сточных вод (в зависимости от вида водопользования). Расчеты производятся для величины БПК_{полн}. Кислородный режим в водоемах определяют для летнего и зимнего периодов. В качестве расчетного режима принимается наиболее неблагоприятный.

Определение необходимой степени очистки по температуре воды водоема. Расчет производится в соответствии с санитарными требованиями, ограничивающими повышение летней температуры воды за счет поступающих в водоем сточных вод.

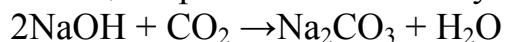
Определение необходимой степени разбавления по запаху, окраске и привкусу. В тех случаях, когда имеются анализы сточных вод с указанием степени разбавления, при которой окраска и запах сточных вод исчезают, достаточно сравнения величины разбавления, которое возможно у расчетного створа. Это необходимо для того, чтобы решить вопрос о необходимости очистки сточных вод в отношении запаха и окраски перед их спуском в водоем.

Определение необходимой степени очистки по изменению активной реакции воды. При решении вопроса о спуске кислых или щелочных сточных вод необходимо учитывать нейтрализующую способность водоема. Вода

водоемов содержит гидрокарбонаты кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и магния $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, обуславливающие ее бикарбонатную жесткость. Кислоты, поступающие в водоем с производственными сточными водами, взаимодействуют с гидрокарбонатами. При этом их содержание в воде уменьшается, а концентрация свободной угольной кислоты увеличивается. Реакция нейтрализации в водоеме происходит по следующей схеме:



Поступление в водоем щелочных сточных вод приводит к их взаимодействию со свободным диоксидом углерода. При этом увеличивается щелочность воды. Реакция протекает в этом случае по следующей схеме:



При сбросе в водоем кислых сточных вод их следует нормировать по значению pH речной воды.

11.4. Сооружения механической очистки сточных вод

11.4.1. Решетки

Содержащиеся в сточных водах крупноразмерные (более 1 см) отбросы, являющиеся отходами хозяйственно-бытовой и производственной деятельности, представляют собой остатки пищи, упаковочные материалы, бумагу, тряпье, санитарно-гигиенические, полимерные и волокнистые материалы. В процессе транспортирования по водоотводящим сетям крупноразмерные отбросы адсорбируют содержащиеся в сточных водах органические соединения, жиры. Образующийся на поверхности отбросов адгезионный слой способствует налипанию на них значительного количества песка, шлаков и других минеральных частиц. Таким образом, эффективное удаление крупноразмерных загрязнений из сточных вод при их прохождении через решетки позволит обеспечить нормальную эксплуатацию песколовок, первичных отстойников, метантенков и трубопроводов подачи осадков на метантенки, а также повысить качество очистки стоков.

Вместе с тем дать прямую количественную оценку концентрации крупноразмерных загрязнений в сточной воде весьма затруднительно, поэтому о содержании крупноразмерных загрязнений в сточных водах судят косвенным методом по количеству отбросов, задержанных на решетках с различной шириной прозоров. Анализ эксплуатационных данных показывает 15–20-кратное возрастание массы снятых загрязнений с экспериментальных решеток с минимальной шириной прозоров 1,5–2,0 мм, по сравнению с широко распространенными решетками с прозорами 16 мм. Учитывая, что на решетках с прозорами 1,5–2,0 мм задерживаются практически все крупноразмерные загрязнения, массу снятых с них отбросов можно принять за их полное содержание в сточной воде.

Размер решеток определяется из условия обеспечения в прозорах скорости движения сточной воды $V_p = 0,8–1,0$ м/с при максимальном притоке на очистные сооружения. При скорости более 1,0 м/с уловленные загрязнения

продавливаются через решетки. При скорости менее 0,8 м/с в уширенной части канала перед решеткой начинают выпадать в осадок крупные фракции песка и возникает необходимость их удаления. Решетки размещают в отдельном отапливаемом помещении с пятикратным обменом воздуха.

Для снижения объема отбросов, снимаемых с решеток, целесообразно использовать гидравлические пресс-транспортеры.

Состав отбросов, задерживаемых на решетках процеживания сырого осадка, существенно отличается от состава отбросов, задерживаемых из сброженного осадка. В последних преимущественно присутствуют волокнистые и полимерные материалы, не подвергшиеся процессам распада в метантенках.

В процессе эксплуатации были выявлены следующие недостатки конструкции механических решеток:

- недостаточная продольная и поперечная жесткость фильтровальных пластин;
- непродолжительный ресурс работы подшипниковых узлов механизма;
- непродолжительный ресурс работы пластмассовых накладок.

Таким образом, введение дополнительных решеток и песколовок грубой очистки позволит создать наиболее благоприятные условия эксплуатации расположенных за ними мелкопрозорных решеток и песколовок, рассчитанных на удержание самых мелких фракций песка (0,07–0,1 мм), что в свою очередь, обеспечит оптимальные условия удаления осадка из первичных отстойников и его перекачки в метантенки.

11.4.2. Песколовки

В составе очистных сооружений за решетками проектируются специальные сооружения, называемые песколовками. Они предназначены для выделения из сточных вод нерастворенных минеральных примесей (песка, шлака, боя стекла и др.) под действием силы тяжести.

По направлению движения воды песколовки подразделяются на *горизонтальные, вертикальные и с вращательным движением жидкости*; последние на *тангенциальные и аэрируемые*.

Горизонтальные песколовки представляют собой удлиненные в плане сооружения с прямоугольным поперечным сечением. Другими важнейшими элементами песколовки являются: входная часть песколовки, представляющая собой канал, ширина которого равна ширине самой песколовки; выходная часть, представляющая собой канал, ширина которого сужена от ширины песколовки до ширины отводящего канала; бункер для сбора осадка, обычно располагаемый в начале песколовки под днищем. Возможно устройство бункера и над песколовкой.

Песколовки имеют следующее оборудование: механизм для перемещения осадка в бункер, гидроэлеваторы и насосы для удаления осадка из песколовки и транспортировки его к месту обезвоживания или другой обработки. Механизмы применяются двух типов: цепные или тележечные. Осадок в бункеры может перемещаться с помощью гидромеханических систем. Они представляют собой

уложенные по днищу в лотках смывные трубопроводы со spryskami, сориентированными в сторону бункеров для сбора осадка. В этом случае бункеры выполняются в виде круглых тангенциальных песколовков. При подаче воды в гидромеханическую систему и истечении воды из sprysков осадок у днища разжижается (псевдооживается), а затем смывается в сторону бункера. Взмучивания осадка не происходит, напротив, идет подсос к днищу верхних слоев осадка и последующий смыв их в бункер.

Стремление к упрощению выгрузки осадка из песколовков привело к созданию горизонтальной песколовки с круговым движением воды. Проточная часть песколовки в поперечном сечении имеет в верхней части прямоугольную форму, а в основании – треугольную со щелью внизу. Весь улавливаемый осадок проваливается через щель в осадочную часть, имеющую коническую форму. Для выгрузки осадка достаточно установки гидроэлеватора.

Вертикальные песколовки успешно эксплуатируют на ряде очистных станций (рис. 29). Они имеют цилиндрическую форму, а подвод воды – по касательной с двух сторон в основании. Конусная часть служит для сбора выпавшего осадка. Сбор и отвод воды осуществляют кольцевым лотком. При вертикальном движении воды вверх песок осаживается вниз. Следовательно, скорость восходящего потока жидкости должна быть меньше гидравлической крупности песчинок улавливаемого песка, т.е. $V < U_o$.

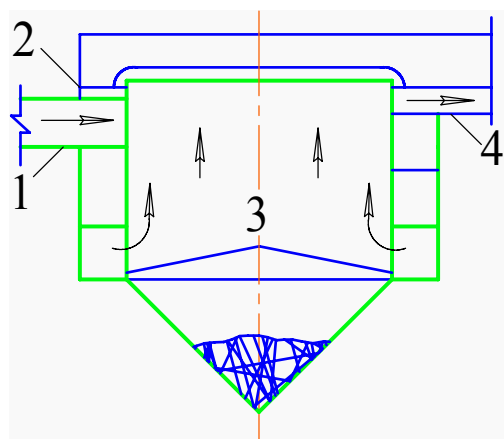


Рис. 29. Вертикальная песколовка с вращательным движением сточной воды:

1 – подводящий канал; 2 – сборный кольцевой лоток; 3 – ввод воды в рабочую зону; 4 – отводной канал

Вертикальные песколовки удобны для накопления больших объемов осадка. Их целесообразно применять в полураздельных системах и на станциях очистки поверхностных вод.

Тангенциальные песколовки имеют круглую форму в плане и касательный подвод воды к ним и обеспечивают в песколовках вращательное движение (на периферии вода движется вниз, а в центре – вверх). Оно способствует поддержанию в потоке органических примесей. При этом скорость вращательного движения невелика и не препятствует выпадению песка в осадок.

Аэрируемые песколовки имеют удлиненную форму в плане и прямоугольное, полигональное или близкое к эллиптическому поперечное сечение. На рис. 30 представлена аэрируемая песколовка с трапецеидальным поперечным сечением. Важнейшие элементы песколовков: входная и выходная части, бункер для сброса осадка в песковой лоток. Последний расположен вдоль одной из продольных стенок сооружения. Днище песколовки в

поперечном сечении имеет уклон в сторону лотка. Вдоль одной из стенок на глубине $2/3$ от общей гидравлической глубины расположен аэратор, выполненный из дырчатых труб. Песколовка оборудована гидромеханической системой удаления (смыва) осадка в бункер, которая представляет собой смывной трубопровод со sprысками, уложенный по днщцу пескового лотка.

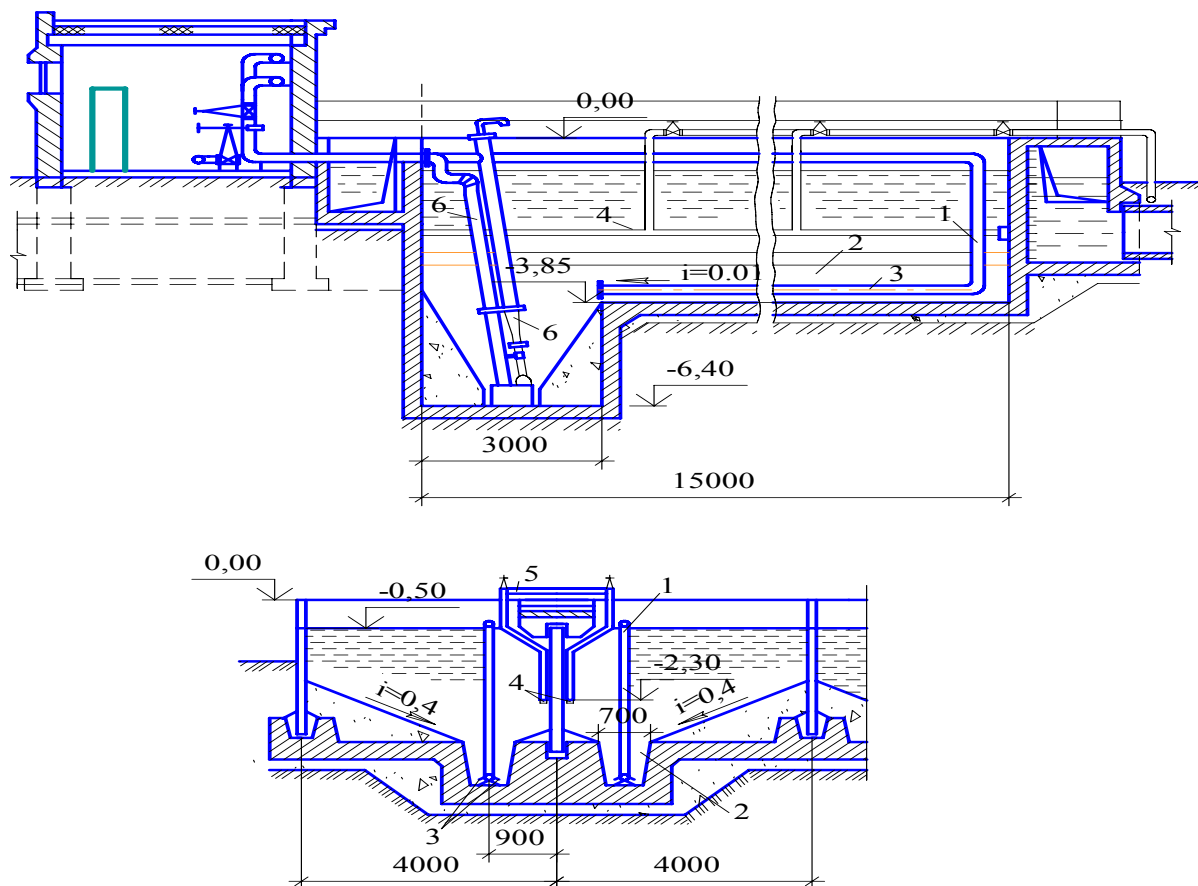


Рис. 30. Аэрируемая песколовка с гидромеханической системой удаления осадка:

a, б – продольный и поперечный разрез соответственно; 1 – трубопровод подачи промывной воды; 2 – песковой лоток; 3 – sprыски; 4 – аэратор; 5 – воздуховод; 6 – гидроэлеватор

Для удаления осадка можно применять и скребковые механизмы. Особенность аэрируемых песколовок заключается в том, что поток очищаемой воды непрерывно аэрируется. Благодаря расположению аэратора вдоль одной из стенок сооружения и над песковым лотком поток приобретает вращательное движение с перемещением его у днщца от одной стенки к другой и к песковому лотку. Вращательное движение обеспечивает и концентрацию осадка в песковом лотке, расположенном с одной стороны сооружения. При интенсивности аэрации $3\text{--}5 \text{ м}^3/(\text{м}^2\cdot\text{ч})$ скорость движения воды на периферии потока равна около $0,3 \text{ м/с}$. Продольная скорость движения воды принимается равной $0,02\text{--}0,10 \text{ м/с}$. Суммирование поступательного и вращательного движений приводит к винтовому движению. Даже значительное изменение расхода и поступательной скорости приводит к весьма незначительному изменению максимальной скорости винтового движения, так как вращательная скорость практически не изменяется и всегда превышает скорость

поступательного движения. Таким образом, в аэрируемых песколовках скорость движения воды остается практически постоянной при значительных изменениях расхода. Это в свою очередь обеспечивает поддержание в потоке во взвешенном состоянии органических включений.

Аэрируемые песколовки одновременно могут использоваться для улавливания всплывающих загрязнений (жиров, нефтепродуктов и др.). При этом целесообразно вдоль всей песколовки пристраивать специальное отделение для выделения и накопления на поверхности воды всплывающих загрязнений. Оно отделяется от пескоулавливающего отделения полупогруженной решетчатой перегородкой. В этом отделении из практически спокойного потока эффективно отделяются всплывающие загрязнения, а всплывшие не удаляются на последующие сооружения. Для их удаления отделение оборудуется периодически затопляемым бункером и отводящим трубопроводом. Аэрируемые песколовки можно использовать и как преаэраторы.

Перспективным методом перемещения осадка к бункерам является применение гидромеханических систем. Они состоят из нескольких (в горизонтальных песколовках) или одного (в аэрируемых песколовках) смывных трубопроводов, оборудованных sprays, сориентированными в сторону бункера.

Откачка осадка из бункеров производится гидроэлеваторами, насосами и, реже, эрлифтами. Предварительно осадок в бункерах взмучивается. Для этого в них прокладываются трубопроводы, оборудованные соплами, направленными в основание бункеров. По ним подается вода на взмучивание. Выгрузка осадка производится не реже одного раза в сутки. Обычно выгрузка производится один раз в смену (через 7–8 ч). Выгружаемый из песколовки осадок, содержащий значительное количество органики, является опасным с санитарной точки зрения и требует специальной обработки.

11.4.3. Первичные отстойники

Отстаивание является самым простым, наименее энергоемким и дешевым методом выделения из сточных вод грубодиспергированных примесей с плотностью, отличной от плотности воды. Под действием силы тяжести частицы загрязнений оседают на дно сооружения или всплывают на его поверхность.

В зависимости от своего назначения и расположения в технологических схемах очистки сточных вод отстойные сооружения подразделяются на следующие: отстойники – первичные, вторичные и третичные (контактные резервуары); илоуплотнители; осадкоуплотнители.

Первичные отстойники располагаются в технологической схеме очистки сточных вод непосредственно за песколовками и предназначены для выделения взвешенных веществ из сточной воды, что при достигаемом эффекте осветления 40–60 % приводит также к снижению величины БПК₅ осветленной сточной воды на 20–40 % от исходного значения.

Во избежание повышенного прироста избыточного активного ила в аэротенках и биопленки в биофильтрах остаточная концентрация взвешенных веществ в осветленной сточной воде после первичных отстойников не должна превышать 100–150 мг/л, что в зависимости от исходной начальной концентрации взвешенных веществ в сточной воде, составляющей 200–500 мг/л, обуславливает выбор наиболее рациональной технологии первичного осветления и требуемой продолжительности отстаивания.

Горизонтальные отстойники представляют собой прямоугольные в плане резервуары, разделенные продольными перегородками на несколько отделений, в которых поток осветляемой воды, распределяемый по ширине сооружения с помощью лотка с впускными отверстиями, движется горизонтально в направлении водослива сборного канала, расположенного с противоположного торца отстойника. Выпадающий по длине отстойника осадок перемещается скребком в расположенные на входе в сооружение иловые приямки, откуда под гидростатическим напором поступает в самотечный трубопровод с последующим его отводом на перекачивающую насосную станцию. Всплывающие нефтемасляные и жировые вещества собираются в конце сооружения в жиросборный лоток, из которого также самотеком отводятся на перекачку.

Достоинствами горизонтальных отстойников являются их относительно высокий коэффициент использования объема и достигаемый эффект осветления воды по взвешенным веществам – 50–60 %; возможность их компактного расположения и блокирования с аэротенками.

Недостатком горизонтальных отстойников является неудовлетворительная надежность работы используемых в них механизмов для сгребания осадка тележечного или цепного типа, особенно в зимний период. Кроме того, горизонтальные отстойники как прямоугольные сооружения при прочих равных условиях имеют более высокий (на 30–40%) расход железобетона на единицу строительного объема, чем радиальные отстойники. Цилиндрическая форма последних позволяет использовать предварительно напряженную высокопрочную арматуру, в результате чего уменьшаются требуемая толщина стеновых панелей и удельный расход железобетона.

В практике проектирования горизонтальные первичные отстойники широко используются в очистных сооружениях пропускной способностью 15–100 тыс. м³/сут.

Вертикальные отстойники представляют собой круглые в плане резервуары с коническим днищем, в которых поток осветляемой воды движется в вертикальном направлении. В вертикальных отстойниках с центральным впуском сточная вода подводится лотком к центральной раструбной трубе, опускаясь по которой вниз, осветляемая вода отражается от конусного отражательного щита и поступает в зону осветления (рис. 31). В восходящем потоке осветляемой воды происходит флокуляция частиц взвеси, и образующиеся агломерации взвеси, гидравлическая крупность которых превосходит скорость восходящего вертикального потока, выпадают в осадок. Более мелкая взвесь, для которой $U_0 < V_{\text{верт}}$, выносится с восходящим потоком

воды. Для городских сточных вод скорость восходящего потока составляет 0,5–0,7 мм/с.

Осветленная вода собирается периферийным сборным лотком. Всплывающие вещества жирового состава собираются в центре отстойника кольцевым лотком, из которого отводятся трубопроводом в самотечную иловую сеть. Выпадающий осадок накапливается в иловой конусной части отстойника, из которой удаляется под гидростатическим напором 1,5–2,0 м через иловую трубу в самотечную иловую сеть. Объем иловой части рассчитывается на двухсуточный объем образующегося осадка. Влажность выгружаемого осадка составляет 95 %. Достоинствами вертикальных первичных отстойников являются простота их конструкции и удобство в эксплуатации; недостатками – большая глубина сооружений, что ограничивает их максимальный диаметр в 9 м, а также невысокая эффективность осветления воды (обычно не превышающая 40 % по снятию взвешенных веществ). Простота конструкции вертикальных отстойников обусловила их широкое применение на очистных сооружениях средней пропускной способностью 2,0–15,0 тыс. м³/сут.

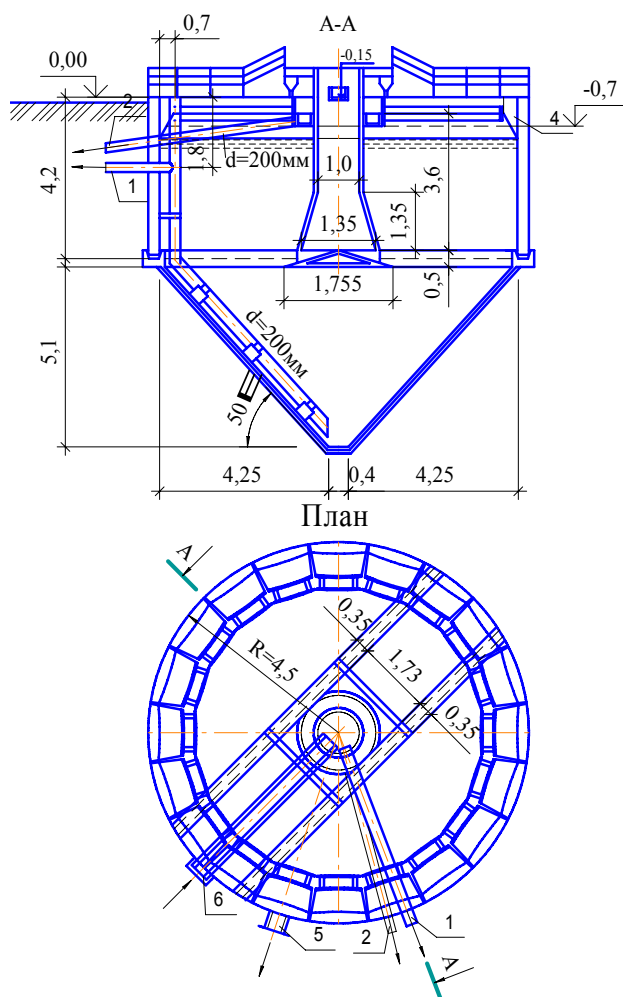


Рис. 31. Первичный вертикальный отстойник из сборного железобетона:

1 – иловая труба для выпуска осадка; 2 – жиропровод для выпуска всплывающих веществ; 3 – центральная впускная труба с отражателем; 4 – сборный лоток осветленной воды; 5 – отводящий лоток; 6 – подводящий лоток

Радиальные отстойники представляют собой круглые в плане резервуары, в которых сточная вода подается в центр отстойника и движется радиально от центра к периферии (рис. 32).

Скорость движения осветляемой воды изменяется от максимальных значений в центре до минимальных на периферии радиального отстойника. Взвешенные вещества, выпадающие в осадок из движущегося потока осветляемой воды, перемещаются в иловый приямок скребками, размещенными на вращающейся ферме. На этой же ферме расположено подвесное устройство,

сгребающее всплывающие на поверхность вещества к жиросборнику, из которого они отводятся на перекачку. Частота вращения фермы с илоскребами составляет 2–3 ч, привод фермы периферийный с тележкой на пневмоходу. Осадок удаляется с помощью плунжерных и центробежных насосов, что

обеспечивает снижение его влажности до 93–93,5 %. Радиальные первичные отстойники обеспечивают задержание 50–55 % взвешенных веществ.

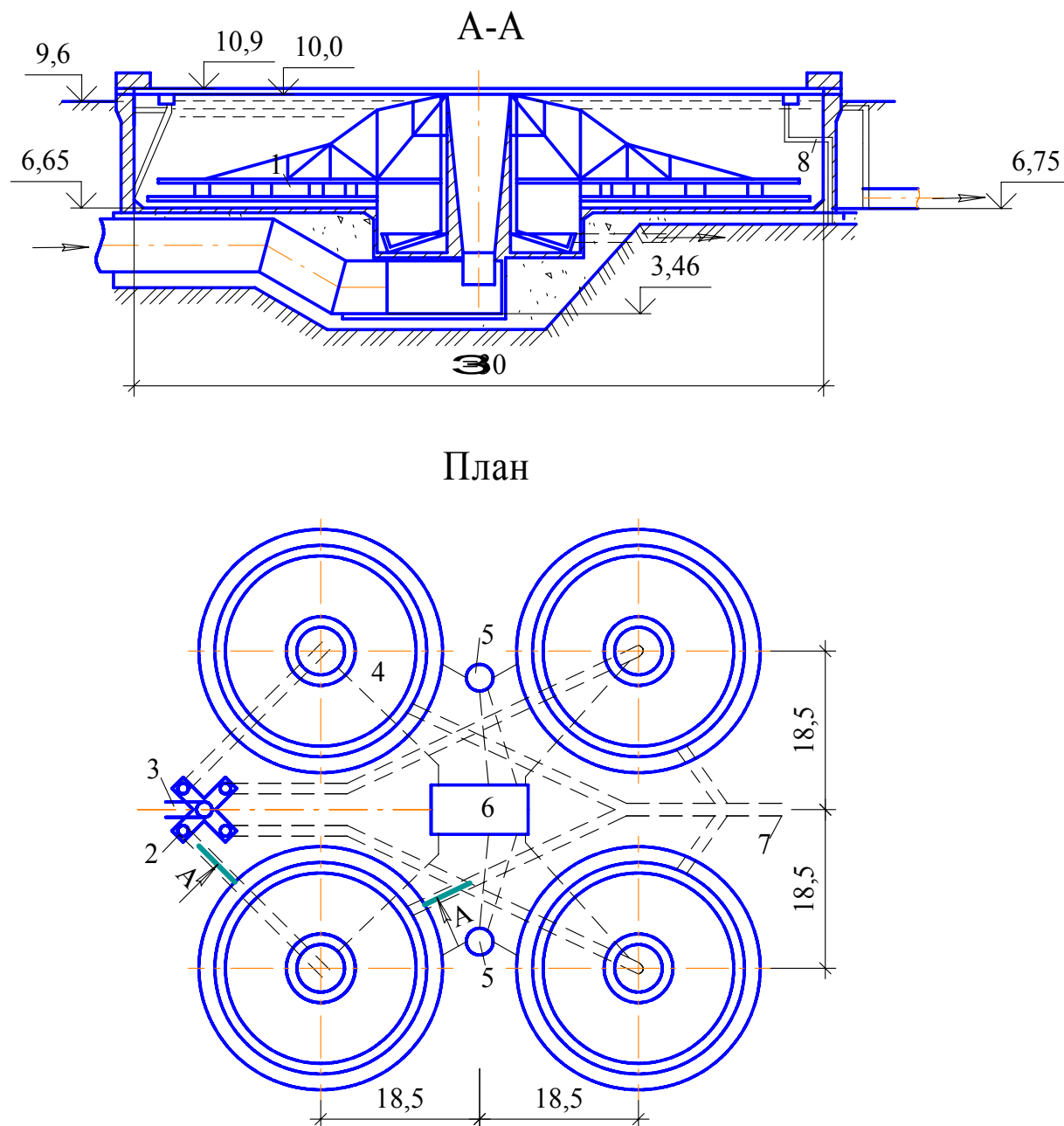


Рис. 32. Первичные радиальные отстойники:

1 – илоскреб; 2 – распределительная камера; 3 – подводящий трубопровод; 4 – трубопровод выгрузки осадка; 5 – жиросборник; 6 – насосная станция перекачки осадка; 7 – трубопровод отвода осветленной воды; 8 – жиропровод

Разработанные типовые проекты радиальных отстойников диаметром 18–50 м позволяют использовать их на очистных сооружениях практически любой пропускной способности, начиная с 20 тыс.м³ в сут. Вращающаяся ферма обеспечивает простоту эксплуатации радиальных отстойников. Указанные достоинства радиальных отстойников обусловили их широкое распространение на очистных сооружениях. Обобщенный метод технологического расчета

первичных отстойников заключается в выборе типа и необходимого числа типовых сооружений, обеспечивающих требуемый эффект осветления.

11.5. Сооружения биологической очистки сточных вод

Полное удаление из сточных вод органических загрязнений достигается только путем их биологической (биохимической) очистки, основанной на использовании жизнедеятельности микроорганизмов, которые окисляют органические вещества, находящиеся в сточных водах в коллоидном и растворенном состояниях. Таким образом, сооружения биологической очистки составляют вторую группу очистных сооружений, куда сточные воды поступают после механической очистки.

Возможность биологической очистки сточных вод определяется соответствием их следующим условиям:

1. Концентрация вредных веществ, способных оказывать токсическое воздействие на микроорганизмы, не должна превышать установленных предельных количеств.

2. Активная реакция сточных вод (рН) не должна быть ниже 6,5 и выше 8,5.

3. Температура должна быть не ниже + 6° С и не выше + 30° С.

4. Общая концентрация растворенных солей не должна быть более 10 г/л.

5. БПК₂₀ не должна быть выше 500 мг/л, а для аэротенков с рассредоточенным выпуском сточных вод – до 1000 мг/л.

6. Соотношение БПК_{полн}: ХПК= 1,2.

7. Сточная вода не должна содержать нерастворенных масел, смол, мазута.

8. Соотношение биогенных элементов на каждые 10 мг/л БПК₂₀ сточных вод не должно быть менее: азота 5 мг/л и фосфора 1 мг/л. При несоблюдении этого условия прием в канализацию производственных сточных вод может допускаться только после соответствующей обработки их на территории промышленного предприятия, т. к. совместная очистка их будет невозможна.

Сооружения для биологической или биохимической очистки сточных вод могут быть разделены на два основных типа:

1. Сооружения, в которых очистка осуществляется в условиях, близких к естественным.

2. Сооружения, в которых очистка осуществляется в искусственно созданных условиях.

К первому типу относятся *поля орошения, поля фильтрации и биологические пруды*. Отстоянная жидкость очищается на них довольно медленно за счет запаса кислорода в почве и в воде биологических прудов, а также вследствие жизнедеятельности микроорганизмов – минерализаторов, окисляющих органические загрязнения.

Ко второму типу сооружений относятся *биологические фильтры и аэротенки*. В этих сооружениях искусственно создаются условия, при которых процессы очистки сточных вод идут значительно интенсивнее.

Искусственная биологическая очистка сточных вод применяется тогда, когда по местным условиям, санитарным требованиям или по технико-

экономическим показателям биологическая очистка в естественных условиях оказывается нецелесообразной.

11.5.1. Поля фильтрации

Полями фильтрации называются специально спланированные земельные участки, предназначенные для биологической очистки предварительно осветленных сточных вод.

Сущность процесса биологической очистки сточных вод на полях состоит в том, что в процессе фильтрации через почву органические загрязнения сточных вод задерживаются на ней, образуя биологическую пленку, населенную большим количеством микроорганизмов. Пленка адсорбирует коллоидные и растворенные вещества, мелкую взвесь, и они при помощи аэробных бактерий в присутствии кислорода воздуха переходят в минеральные соединения. Атмосферный воздух хорошо проникает в почву на глубину 0,2–0,3 м, где и происходит наиболее интенсивное биохимическое окисление. Практически процесс очистки сточных вод происходит в слое грунта до 1,5 м.

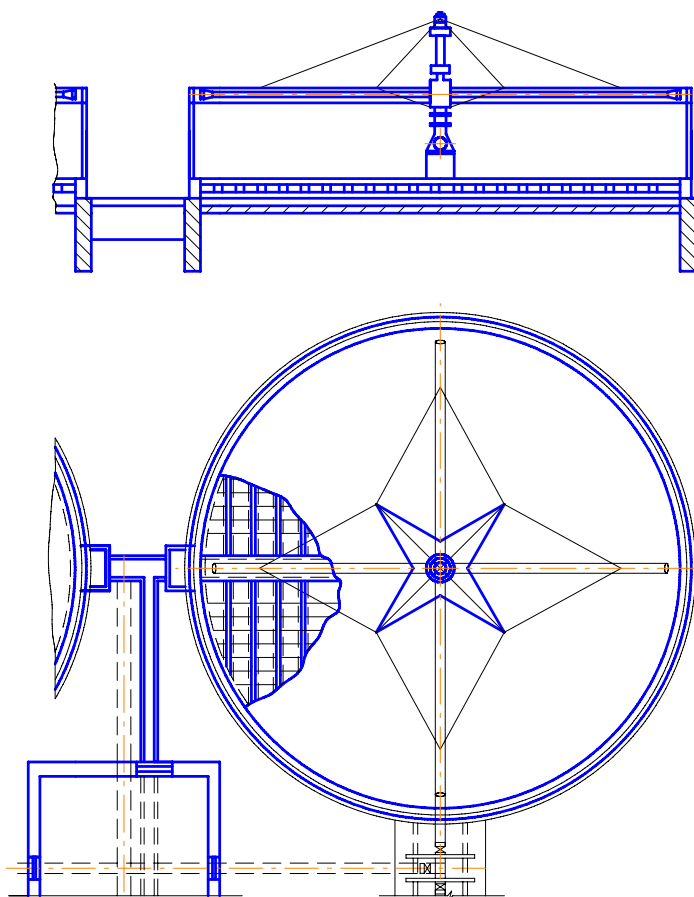
Бытовые сточные воды, очищенные на полях фильтрации, имеют БПК 10–15 мг/л, содержат нитратов до 25 мг/л; количество бактерий в них по сравнению с исходным уменьшается на 99–99,9 %, поэтому специальная дезинфекция не требуется.

Поля фильтрации состоят из спланированных земельных участков, называемых картами. Каждая карта по периметру ограничена земляными валиками. Подаваемая на поля сточная жидкость распределяется по отдельным картам системой открытых лотков или каналов, называемых разводными каналами; совокупность этих каналов образует оросительную сеть.

11.5.2. Биологические фильтры

Биологическими фильтрами называют такие очистные сооружения, в которых осуществляется биологическая очистка сточных вод при фильтрации их через слой крупнозернистого материала. Поверхность зерен этого материала покрыта биологической пленкой, заселенной аэробными бактериями и низшими организмами, осуществляющими адсорбцию и окисление органических загрязнений сточных вод. Внутри биофильтра происходят те же процессы, что и при очистке сточных вод на полях фильтрации и орошения, однако благодаря искусственно созданным благоприятным условиям для жизнедеятельности микроорганизмов эти процессы протекают гораздо интенсивнее. Поэтому площадь биофильтров значительно меньше площади полей фильтрации. Биологический фильтр (рис. 33) представляет собой прямоугольный или круглый резервуар из кирпича, бетона или камня с двойным дном.

Рис. 33. Биологический фильтр



На верхнее дырчатое дно в виде колосниковой решетки укладывают фильтрующую загрузку из гальки, щебня прочных горных пород, керамзита, пластмассовых блоков или колец и др. Нижнее сплошное дно располагается на расстоянии 0,4–0,6 м от дырчатого дна и служит для сбора профильтрованной воды. Стенки биофильтра возвышаются над поверхностью загрузки, высота которой в зависимости от заданного снижения БПК может иметь высоту 1–4 м.

Сточная вода подается на биофильтры после осветления в первичных отстойниках и

распределяется по поверхности загрузки с помощью желобов, спринклеров или реактивных оросителей. Биологические фильтры, в которых очищаемые сточные воды почти непрерывно фильтруются через слой загрузки, называют биофильтрами непрерывного действия – сточная жидкость подается на их поверхность равномерно через небольшие интервалы времени. По производительности биофильтры подразделяются на *капельные* и *высоконагружаемые* (башенные). По способу подачи в них воздуха и те, и другие могут быть разделены на биофильтры с естественной вентиляцией и биофильтры с искусственной вентиляцией (аэрофильтры).

Капельные биофильтры применяют для полной биологической очистки небольших количеств сточных вод (до 1000 м³/сут). Основными элементами биофильтров непрерывного действия или капельных являются:

- а) фильтрующий слой пористого материала (кокс, шлак, кирпич, щебень), состоящий из нескольких слоев с разной крупностью зерен или кусков;
- б) ограждающие стенки (кирпичные, бетонные, бутовые), устраиваемые по периметру фильтрующего слоя;
- в) дырчатое дно (дренаж), на котором размещен фильтрующий слой;
- г) сплошное днище, расположенное под дренажем;
- д) распределительные устройства для распределения сточной жидкости по поверхности фильтрующего слоя (дозированный бак, спринклеры, распределительная сеть);

е) сборные лотки, собирающие очищенную жидкость со сплошного днища и отводящие ее во вторичные отстойники.

Нагрузку на 1 м^2 фильтрующего материала принимают невысокую ($0,5\text{--}1 \text{ м}^3/\text{сут}$), поэтому фильтр обеспечивает почти полное биохимическое окисление загрязнений и снижение БПК₂₀ очищенной воды до 15 мг/л . Высота капельных фильтров принимается $1\text{--}2 \text{ м}$; крупность загрузки - $30\text{--}50 \text{ мм}$, а в нижнем поддерживающем слое высотой $0,2 \text{ м}$ – $60\text{--}100 \text{ мм}$.

Высоконагружаемые биофильтры (аэрофильтры) отличаются от капельных значительно большей нагрузкой сточных вод ($10\text{--}30 \text{ м}^3/\text{м}^2$). Они имеют высоту загрузки $2\text{--}4 \text{ м}$ и снабжаются искусственной вентиляцией. Крупность загрузки составляет $40\text{--}60 \text{ мм}$, что создает большой объем пор внутри фильтра и в сочетании с искусственной вентиляцией значительно интенсифицирует движение воздуха.

Обеспечение биофильтров достаточным количеством воздуха достигается за счет естественной вентиляции, происходящей из-за разности температур сточной жидкости и воздуха. Если температура сточных вод будет выше температуры окружающего воздуха, ток воздуха в фильтрующем слое будет восходящий (от дренажа к поверхности); при обратном соотношении температур – нисходящий, а при равенстве температур вентиляция совсем прекращается. При периодическом орошении эти явления наблюдаются лишь между орошениями, а во время орошения направление движения воздуха неустойчивое.

11.5.3. Аэротенки

Для полной или частичной биологической очистки сточных вод могут применяться аэротенки. Окисление загрязнений при интенсивной аэрации происходит в них за счет жизнедеятельности активного ила, представляющего собой хлопьевидные скопления аэробных микроорганизмов. Часть органического вещества в аэротенке окисляется, а другая обеспечивает прирост бактериальной массы активного ила. Окислительный процесс происходит неравномерно: в начале аэротенка быстрее, а по мере приближения к концу его – медленнее.

Аэротенк – прямоугольный резервуар, по которому медленно протекает сточная жидкость, смешанная с активным илом. Атмосферный воздух, подаваемый с помощью пневматических или механических устройств, перемешивает обрабатываемую жидкость с активным илом и насыщает ее кислородом, необходимым для жизнедеятельности бактерий. Большая насыщенность сточной воды активным илом и непрерывное поступление кислорода обеспечивают интенсивное биохимическое окисление органических веществ, поэтому аэротенки являются наиболее совершенными сооружениями для биологической очистки.

В зависимости от требуемой степени снижения БПК сточных вод аэротенки рассчитываются на полную или неполную биологическую очистку.

Процесс полной очистки сточных вод протекает в три стадии. На первой стадии сразу же после смешения сточных вод с активным илом на его поверхности происходят адсорбция загрязнений и разложение легкоокисляющихся веществ. В результате за 1–2 ч БПК сточных вод снижается на 50–80 %, а растворенный в воде кислород почти полностью расходуется на окисление. На второй стадии окисляются медленноокисляющиеся вещества и регенерируется активный ил, т. е. восстанавливаются его активные свойства, которые снижаются к концу первой стадии. Скорость потребления кислорода на этой стадии меньше, чем в начале процесса, и в воде накапливается растворенный кислород.

На третьей стадии происходит нитрификация аммонийных солей и скорость потребления кислорода вновь возрастает.

Общая продолжительность процесса очистки в аэротенках составляет 6–8 ч для бытовых сточных вод и может увеличиться до 10–20 ч при совместной очистке бытовых и производственных стоков.

После аэротенков очищенная сточная вода отстаивается во вторичном отстойнике, где от нее отделяется активный ил, возвращаемый обратно в цикл очистки. Этот ил называется циркуляционным. В процессе окисления органических веществ размножаются аэробные микроорганизмы и количество активного ила возрастает, поэтому часть ила направляют на иловые площадки для обезвоживания или на переработку в метантенки.

Аэротенки с пневматической аэрацией, которые получили наибольшее распространение, могут состоять из одной или нескольких секций, каждая из которых имеет 2, 3 и 4 коридора, отделенных друг от друга продольными направляющими перегородками, не достигающими до одной из торцевых стен. Длину коридора принимают равной не менее чем 10-кратной ширине. В торцах аэротенка имеются каналы для ввода и отведения сточной воды.

Воздух подают по металлическим или пластмассовым трубам и распределяют через дырчатые трубы или фильтросные каналы, представляющие собой канал, закрытый проницаемыми для воздуха пористыми пластинами размером 30х30 см и толщиной 4 см.

11.5.4. Вторичные отстойники

Вторичные отстойники являются составной частью сооружений биологической очистки, располагаются в технологической схеме непосредственно после биоокислителей и служат для отделения активного ила от биологически очищенной воды, выходящей из аэротенков, или для задержания биологической пленки, поступающей с водой из биофильтров.

Иловая смесь, поступающая из аэротенков во вторичные отстойники, представляет собой гетерогенную (многофазную) систему, в которой дисперсионной средой служит биологически очищенная сточная вода, а основным компонентом дисперсной фазы являются хлопья активного ила.

Гидродинамический режим работы вторичных отстойников формируется в результате совокупного воздействия следующих гидродинамических условий:

- режим впуска иловой смеси в сооружение, оцениваемый скоростью ее входа и определяющий интенсивность взаимодействия входящего потока с потоками оседающего ила и осветляемой воды;

- процесс сбора осветленной воды, определяемый в основном скоростью подхода воды к сборному лотку и его удаленностью от уровня осевшего ила;

- режим отсоса осевшего ила, определяемый скоростью входа ила в сосуны илососа, уровнем стояния ила и удаленностью сосунов от сборного лотка.

Вторичные отстойники бывают *вертикальными, горизонтальными и радиальными*. Для очистных станций небольшой пропускной способности (до 20 тыс. м³/сут) применяются вертикальные вторичные отстойники, для очистных станций средней и большой пропускной способности (более 15 тыс. м³/сут) – горизонтальные и радиальные.

Вертикальные вторичные отстойники по своей конструкции подразделяются на следующие:

- круглые в плане с конической иловой частью, по конструкции аналогичные первичным, но с меньшей высотой зоны отстаивания;

- квадратные в плане (12x12 м, 14x14 м) с четырехбункерной пирамидальной иловой частью.

Преимуществом вертикальных вторичных отстойников являются удобство удаления из них осевшего ила под гидростатическим давлением, компактность расположения при их блокировке с аэротенками, простота конструкции ввиду отсутствия движущихся частей, возможность использования взвешенного слоя активного ила.

Однако они имеют ряд недостатков, из которых основным является большая глубина вертикальных отстойников, что повышает стоимость их строительства, особенно при высоком уровне стояния грунтовых вод. Недостаточный уклон стенок бункера приводит к залеживанию осевшего активного ила и развитию в нем анаэробных процессов.

Горизонтальные вторичные отстойники выполняются с шириной отделения 6 и 9 м, что позволяет блокировать их с типовыми аэротенками, сокращая при этом площадь, занимаемую очистными сооружениями. Для сгребания осевшего активного ила к иловому приямку в горизонтальных отстойниках используют скребковые механизмы цепного или тележечного типов. В зарубежной практике используют подвижные илососы, установленные на тележках.

К недостаткам вторичных горизонтальных отстойников относятся сложности эксплуатации в них скребковых механизмов, а также большая их материалоемкость.

На средних и крупных очистных станциях наибольшее распространение получили **вторичные радиальные отстойники**. Разработаны типовые вторичные радиальные отстойники из сборного железобетона ($d = 18, 24, 30, 40$ и 50 м). Широкая гамма типоразмеров радиальных отстойников позволяет

принимать оптимальное их число (4–8) на очистных станциях практически любой пропускной способности.

Иловая смесь по подводящему трубопроводу направляется в центральное распределительное устройство, представляющее собой вертикальную стальную трубу с коническим раструбом, затопленным ниже горизонта воды в отстойнике.

Осветленная вода собирается через водослив сборного кольцевого лотка, откуда поступает в выпускную камеру. Активный ил, осевший на дно отстойника, удаляется в иловую камеру. В ней установлен щитовой электрифицированный затвор с подвижным водосливом, обеспечивающим возможность как ручного, так и автоматического регулирования отбора активного ила из отстойника путем плавного изменения гидростатического напора до 1,2 м. Работа затвора автоматизируется в зависимости от уровня стояния активного ила в отстойнике, который фиксируется датчиком уровня ила с фотоспротивлением. Редуктор привода фермы илососа позволяет регулировать угловую скорость вращения илососа в пределах 1–2 об/ч.

Существенное влияние на работу вторичных радиальных отстойников большого диаметра (характерных для крупных станций аэрации) оказывает равномерность сбора осветленной воды, которая может нарушаться под воздействием ветра. Ветровой нагон воды способен перегрузить на 30–40% одну часть сборного лотка, вызвать соответствующее перераспределение потока иловой смеси и привести к повышенному выносу загрязнений с осветленной водой. Использование зубчатых водосливов не обеспечивает требуемой равномерности сбора воды. Для борьбы с указанным явлением в зарубежной практике используют систему сбора осветленной воды через затопленные дырчатые трубы, которые при равном ветровом нагоне обеспечивают более равномерный сбор воды, чем зубчатые водосливы.

Для обеспечения минимального выноса загрязнений из вторичных отстойников очень важное значение имеет тщательное сгребание и постоянное удаление выпадающего в осадок активного ила. При залеживании ила на днище, особенно при достаточно глубокой развитости процесса нитрификации в аэротенках, возможна и практически неизбежна его денитрификация, приводящая к всплыванию комков ила и его выноса с потоком осветленной воды.

11.6. Методы обеззараживания сточных вод

Из практики очистки сточных вод известно, что при первичном отстаивании количество бактерий группы кишечной палочки (БГКП) сокращается на 30–40 %, а после вторичных отстойников – на 90–95 %. Следовательно, для полного освобождения сточных вод от патогенных бактерий и вирусов необходимо применение специальных методов обеззараживания.

Для дезинфекции сточных вод применяются *хлорирование, озонирование, ультрафиолетовое облучение.*

Для обеззараживания сточной воды **хлорированием** используют хлорную известь, хлор и его производные, под действие которых бактерии, находящиеся в сточной воде, погибают в результате окисления веществ, входящих в состав протоплазмы клеток.

Несмотря на высокую эффективность в отношении патогенных бактерий, хлорирование при дозе остаточного хлора 1,5 мг/л не обеспечивает необходимой эпидемической безопасности в отношении вирусов. Другим негативным свойством хлорирования является образование хлороорганических соединений и хлораминов. Хлороорганические соединения обладают высокой токсичностью, мутагенностью и канцерогенностью, способностью аккумулироваться в донных отложениях, тканях гидробионтов и в конечном счете попадать в организм человека.

Для канализационных очистных сооружений, расположенных в приморских населенных пунктах, могут быть рекомендованы электролизные установки для получения дезинфицирующих соединений из морской воды. Высокое бактерицидное действие активного хлора, получаемого электролизом воды Каспийского моря, является результатом наличия в морской воде значительного количества сульфат-ионов, вследствие чего, помимо гипохлорита натрия, образуются серосодержащие соединения, также обладающие бактерицидным действием. Обработка сточной воды гипохлоритом натрия по стоимости практически равноценна обработке хлором и в 1,5–2 раза дешевле, чем обеззараживание хлорной известью.

Выбор метода обеззараживания сточной воды производят, руководствуясь расходом и качеством обрабатываемой воды, эффективностью ее предварительной очистки, условиями поставки, транспортировки и хранения реагентов, возможностью автоматизации процессов и механизации трудоемких работ.

Количество активного хлора, вводимого на единицу объема сточной воды, называется дозой хлора и выражается в граммах (г/м³).

Для снижения Coli-форм на 99,9% требуются следующие дозы хлора, г/м³:

- после механической очистки10;
- после химической очистки3–10;
- после полной и неполной биологической очистки 3 и 5;
- после фильтрования на песчаных фильтрах2–5

Хлор, добавленный к сточной воде, должен быть тщательно перемешан с ней, а затем находиться в контакте со сточной водой не менее чем 30 мин, после чего количество остаточного хлора должно быть не менее 1,5 г/м³.

Установка для хлорирования газообразным хлором имеет хлораторную, смеситель, контактные резервуары.

Контактные резервуары (рис. 34) предназначены для обеспечения расчетной продолжительности контакта очищенных сточных вод с хлором или гипохлоритом натрия, их следует проектировать как первичные отстойники без скребков; число резервуаров принимается не менее 2. Допускается барботаж воды сжатым воздухом при интенсивности 0,5 м³/(м²·ч).

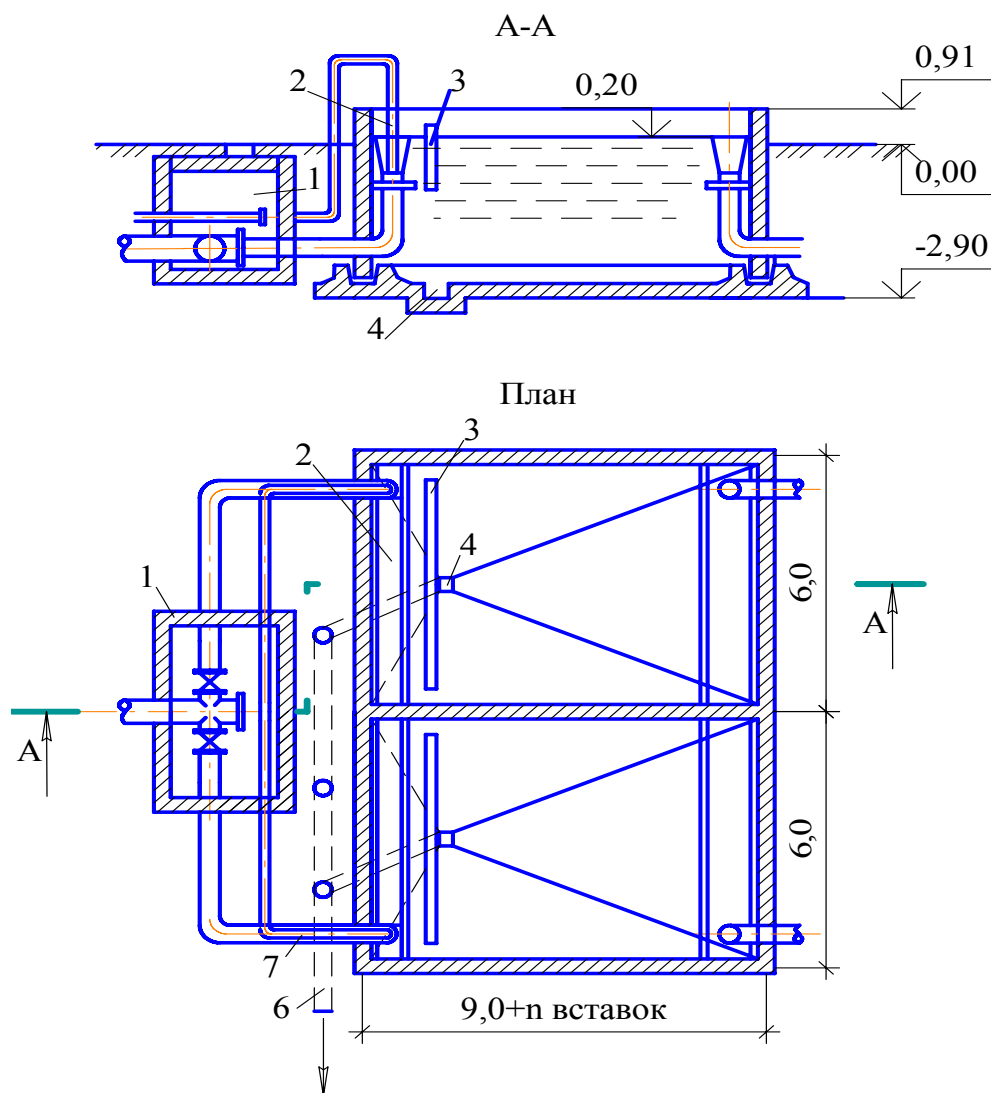


Рис. 34. Контактные резервуары шириной 6 м (две секции):

1 – распределительная камера; 2 – впускной лоток; 3 – струенаправляющий щит; 4 – прямок осадка; 5 – сборный лоток; 6 – трубопровод опорожнения; 7 – воздухопровод

При обеззараживании сточных вод после биологических прудов допускается выделять отсек для контакта сточных вод с хлором.

Наиболее распространенным химическим методом обеззараживания воды с использованием соединений кислорода является **озонирование** (озоналлотропная модификация кислорода). Озон обладает высокой бактерицидной активностью и обеспечивает надежное обеззараживание воды даже по отношению к спорообразующим бактериям. Благодаря своей окислительной способности озон разрушает клеточные мембраны и стенки. Обработка сточных вод озоном на заключительном этапе позволяет получить более высокую степень очистки и обезвредить различные токсичные соединения.

Исследования по токсикологической оценке озонирования показали отсутствие негативного воздействия обеззараженной воды на организм теплокровных животных и человека.

Основные факторы, сдерживающие и затрудняющие широкое использование озона, обусловлены относительно высокой его себестоимостью, что определяется невысоким качеством озонаторных установок промышлен-

ного типа, производительностью 10–50 кг/ч и малой степенью использования (50–70 %) озона в существующих конструкциях смесителей с водой.

Ультрафиолетовое обеззараживание не требует введения в воду химических реагентов, не влияет на вкус и запах воды и действует не только на бактериальную флору, но и бактериальные споры. Бактерицидное облучение действует почти мгновенно, и, следовательно, вода, прошедшая через установку, может сразу же поступать непосредственно в обратное водоснабжение или в водоем. Из числа возможных альтернатив хлорирования в технологической схеме очистки сточных вод предпочтение можно отдать применению ультрафиолетовых лучей, так как дезинфекция с их помощью не оказывает токсического влияния на водные организмы и не приводит к образованию вредных для здоровья химических соединений.

Эффект обеззараживания основан на воздействии ультрафиолетовых лучей с длиной волны 200–300 нм на белковые коллоиды и ферменты протоплазмы микробных клеток. Бактерицидный эффект зависит от прямого воздействия ультрафиолетовых лучей на каждую бактерию. Обработанная ультрафиолетовым излучением вода должна иметь достаточную прозрачность, поскольку в загрязненных водах интенсивность проникновения УФ-лучей быстро затухает, что ограничивает использование УФ-установок для обеззараживания сточных вод. Обеззараживание воды происходит вследствие фотохимического воздействия на бактерии ультрафиолетовой и бактерицидной энергии, излучаемой специальными лампами.

Установки УФ-обеззараживания комплектуются ртутными лампами двух типов: высокого и низкого давления. Достоинство аргонно-ртутных ламп низкого давления («бактерицидные») состоит в том, что основное излучение их совпадает с энергией максимального бактерицидного действия. В ртутном разряде низкого давления (3–4 мм рт. ст.) около 70 % всей излучаемой мощности приходится на область ультрафиолетовых лучей.

Ртутно-кварцевые лампы высокого давления (по сравнению с лампами низкого давления) обладают более высокой мощностью УФ-излучения, но и более низким энергетическим коэффициентом полезного использования излучения.

Для целей обеззараживания возможно использование **перманганата калия**. Этот реагент взаимодействует с органическими и неорганическими веществами, что препятствует его дезинфицирующему действию, в результате оно оказывается намного ниже, чем у хлора и озона.

Известкование применяется обычно в сочетании с удалением аммонийного азота из сточных вод отдувкой. Необходимый гигиенический эффект при обработке сточных вод достигается при использовании больших доз реагентов, что сопровождается образованием огромного количества осадка. Этот факт так же, как и высокая стоимость обеззараживания этим методом, существенно ограничивает применение известкования и делает его неприемлемым для использования на малых, средних и крупных станциях аэрации.

Радиационное обеззараживание. Гамма-установки работают по следующей схеме: сточная вода поступает в полость сетчатого цилиндра приемно-разделительного аппарата, где твердые включения (бинты, вата, бумага и т.п.) увлекаются вверх шнеком, отжимаются в диффузоре и направляются в бункер-сборник. Затем сточные воды разбавляются условно чистой водой до определенной концентрации и подаются в аппарат гамма-установки, в котором под действием гамма-излучения изотопа ^{60}Co происходит процесс обеззараживания. Обработанная вода сбрасывается в канализационную систему городских сточных вод.

Литература

1. Строительные нормы и правила. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. СНиП 2.04.02 – 84*/ Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2003.
2. Строительные нормы и правила. Внутренний водопровод и канализация зданий. СНиП 2.04.01 – 85*/ Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2003.
3. ГОСТ 2761 – 84*. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора. – М.: Издательство стандартов, 1994.
4. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. СанПиН 2.1.4.1074 – 01. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002.
5. Шевелев, Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: Справочное пособие / Ф.А. Шевелев, А.Ф. Шевелев. – М.: Стройиздат, 1995.
6. Водозаборные сооружения для водоснабжения из поверхностных источников / Под ред. К.А. Михайлова и А.С. Образовского. – М.: Стройиздат, 1976.
7. Санитарные правила и нормы. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения. СанПиН 2.1.4.1110 – 02. – М., 2002.
8. Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации. Утверждены приказом Госстроя России 30.12.99г. № 168, – М.: 2000.
9. Федоров, Н.Ф. Таблицы гидравлического расчета канализационных сетей / Н.Ф. Федоров, Л.Е. Волков. – М.: Стройиздат, 1976.
10. Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения. СНиП 2.04.03 – 85*/ Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2003.
11. Лукиных, А.А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н.Н. Павловского: Справочное пособие / А.А. Лукиных, Н.А. Лукиных. – М.: Стройиздат, 1987.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	3
1. СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ	4
1.1. Классификация систем водоснабжения	4
1.2. Схемы и основные элементы систем водоснабжения	6
1.3. Нормы и объемы водопотребления	9
2. ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ	12
2.1. Источники водоснабжения	12
2.2. Характеристика места водозабора	13
2.3. Обоснование выбора принципиальной схемы водозаборных сооружений	14
2.4. Основы расчета и проектирования водозаборных сооружений	17
2.5. Меры борьбы с шугой и подводным льдом, защита от биообрастаний, рыбозащитные мероприятия	21
2.6. Водозаборные сооружения подземных вод	22
2.7. Зоны санитарной охраны водозаборных сооружений	26
3. ГИГИЕНИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ	27
3.1. Нормативно-правовые акты управления в области питьевого водоснабжения	28
3.2. Показатели качества питьевой воды и их санитарно-токсикологическая характеристика	29
4. КОМПЛЕКС СООРУЖЕНИЙ ПО ОЧИСТКЕ ВОД ПРИРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ	32
4.1. Выбор метода обработки и состава сооружений	32
4.2. Условия применения, принцип работы основных сооружений станций водоподготовки	39
4.2.1. Смесители	39
4.2.2. Камеры хлопьеобразования	40
4.2.3. Сооружения для выделения из воды взвешенных веществ отстаиванием	43
4.2.4. Осветление воды в слое взвешенного осадка	46
4.2.5. Фильтрация воды	49
4.2.6. Технология обеззараживания воды	51
4.3. Резервуары для воды	52
5. УСТРОЙСТВО НАРУЖНОЙ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ ГОРОДА И ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К НЕЙ	55
5.1. Материал водопроводных труб и типы их соединений	57
5.2. Арматура и колодцы на водопроводных сетях. Глубина заложения труб	58
6. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ	60
7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВНУТРЕННЕГО ВОДОПРОВОДА	63
7.1. Системы и схемы внутреннего водопровода	63
7.2. Трубопроводы и арматура	64
7.3. Гидравлический расчет системы	69
7.3.1. Определение расчетных расходов воды	69
7.3.2. Определение диаметров труб и потерь напора	71

7.3.3. Выбор типа и калибра водосчетчика.....	72
7.3.4. Определение требуемого напора системы.....	73
7.4. Проектирование внутреннего противопожарного водопровода.....	73
7.5. Установки по поддержанию напора в системе	74
8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВНУТРЕННЕЙ КАНАЛИЗАЦИИ	75
8.1. Конструирование внутренней сети водоотведения	76
8.2. Расчет внутренних канализационных сетей.....	78
9. СИСТЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ	79
9.1. Общие сведения о системах водоотведения.....	79
9.2. Основные элементы водоотводящих систем.....	80
9.3. Системы водоотведения городов.....	83
10. ВОДООТВОДЯЩИЕ СЕТИ.....	84
10.1. Схемы водоотводящих сетей населенных пунктов	84
10.2. Расчет и проектирование водоотводящих сетей.....	86
10.2.1. Расчетные расходы бытовых сточных вод	86
10.2.2. Расходы сточных вод от промышленных предприятий.....	88
10.2.3. Гидравлический расчет водоотводящей сети.....	88
11. СООРУЖЕНИЯ ПО ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД	91
11.1. Формирование состава, свойства сточных вод	91
11.2. Условия сброса сточных вод в городскую отводящую сеть и водоемы	94
11.3. Определение необходимой степени очистки сточных вод.....	97
11.4. Сооружения механической очистки сточных вод	98
11.4.1. Решетки	98
11.4.2. Песколовки.....	99
11.4.3. Первичные отстойники.....	102
11.5. Сооружения биологической очистки сточных вод.....	106
11.5.1. Поля фильтрации.....	107
11.5.2. Биологические фильтры	107
11.5.3. Аэротенки.....	109
11.5.4. Вторичные отстойники	110
11.6. Методы обеззараживания сточных вод	112
Литература	117

