МЧС РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

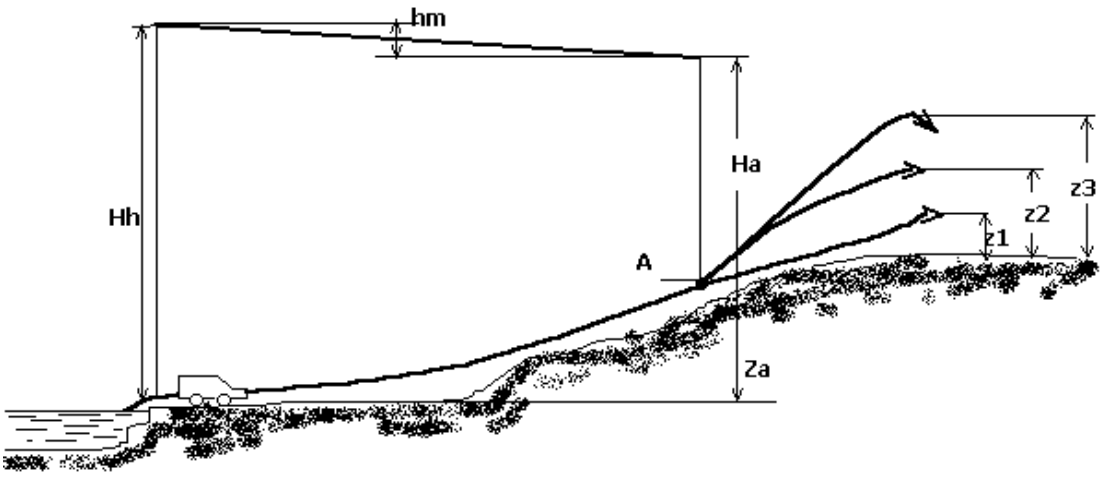
«Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

Кафедра пожаротушения и аварийно-спасательных работ

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Методические рекомендации по дисциплине

Направление подготовки
20.04.01 Техносферная безопасность
(уровень магистратуры)
Профиль - Пожарная безопасность



Екатеринбург 2022

Обеспечение надежности работы систем противопожарного водоснабжения [Текст]: Методические рекомендации по дисциплине, направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность (уровень магистратуры), профиль - Пожарная безопасность, авт.-сост. Е. А. Карама. - Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2022. - 43 с.

Автор - составитель:

Карама Е. А., заместитель начальника кафедры пожаротушения и аварийно-спасательных работ, кандидат педагогических наук, доцент.

Рецензент:

Мокроусова О. А., доктор педагогических наук, заведующая кафедрой пожарной безопасности в строительстве ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России».

Методические рекомендации по дисциплине «Обеспечение надежности работы систем противопожарного водоснабжения» по направлению подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность (уровень магистратуры), профиль - Пожарная безопасность.

© ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России», 2022
© Кафедра пожарной тактики и службы, 2022

Содержание

ТЕМА 1. Показатели надежности основных элементов систем противопожарного водоснабжения 4

ТЕМА 2. Оценка надежности систем противопожарного водоснабжения 14

ТЕМА 3 Обеспечение надежности подачи воды наружными и внутренними пожарными водопроводами 27

ТЕМА 4 Мероприятия по повышению работоспособности и надежности систем противопожарного водоснабжения 35

Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины 40

ТЕМА 1. Показатели надежности основных элементов систем противопожарного водоснабжения

Вопросы для самостоятельной подготовки

Обеспечение подачи воды к месту пожара в условиях дефицита водных ресурсов. Категории централизованных систем водоснабжения по степени обеспеченности подачи воды. Отказы систем противопожарного водоснабжения. Влияние случайных факторов на надежность систем водоснабжения.

Содержание вопросов

Надежная работа многофункциональных систем водоснабжения является важным условием бесперебойного водообеспечения пожарной техники и снижения ущербов от пожаров.

Многофункциональная система водоснабжения с точки зрения выбора номенклатуры показателей и оценки надежности является сложной технической системой. Эта система представляет собой совокупность взаимосвязанных элементов, обеспечивающих выполнение заданных функций несколькими различными способами, отличающимися уровнями качества функционирования системы. Такими элементами в многофункциональной системе водоснабжения являются: водоисточник; станция водоочистки, насосные, подающие воду в водопроводную сеть, резервуары для храпения и регулирования подачи воды; водоводы и водопроводная сеть. Возможно и дальнейшее членение системы на детали, узлы, агрегаты, приборы и т. п. Однако приведенные деления системы на элементы в зависимости от способа выполнения заданной требованиями задачи в полной мере определяют состав элементов, одновременно выполняющих поставленную цель.

В результате отказов элементов системы ухудшается характеристика качества функционирования и соответственно снижается выходной эффект (полезный результат) системы, поэтому задачи надежности сводятся к выявлению влияния отказов элементов на качество функционирования и выходной эффект системы водоснабжения.

1.1 Показатели оценки надежности системы водоснабжения

Надежность системы водоснабжения характеризуется безотказностью — сохранением непрерывного состояния работоспособности в определенных условиях водообеспечения потребителей, ремонтопригодностью - приспособленностью системы водоснабжения к предупреждению, обнаружению и устранению неисправностей и отказов; долговечностью — продолжительностью сохранения состояния работоспособности с возможными перерывами на ремонт.

Рассчитать надежность противопожарного водоснабжения- это значит определить количественные показатели, характеризующие уровень качества бесперебойного водоснабжения потребителя системой. Для оценки надежности используют следующие показатели:

- вероятность безотказной работы (безотказного водоснабжения) за время τ - R_τ,
- интенсивность отказов λ,
- интенсивность восстановления μ (показатель не учтен ГОСТом),
- наработку на отказ T (средняя продолжительность безотказного водоснабжения),
- среднюю продолжительность восстановления $\tau_в$,
- параметр потока отказов ω,

а также коэффициенты готовности $K_г$, простоя $K_п$ (показатель не учтен ГОСТом), технического использования $K_и$, неисправности $p=\lambda/\mu$ (показатель не учтен ГОСТом) и некоторые другие.

Таким образом, показатели надежности различны: одни из них характеризуют состояние системы в определенный момент времени (вероятности безотказной работы), другие- в интервале времени (среднее число отказов за ресурс), одни — размерные (наработка на отказ), другие — безразмерные (коэффициент готовности).

Задачи надежности в зависимости от поставленных целей бывают двух типов. Первый тип задач — определение количественных характеристик надежности на основе технических показателей элементов систем и функциональных связей между ними, а также требований потребителей к качеству бесперебойного водообеспечения. Задачи этого тина ставят при оценке надежности на различных этапах проектирования, при сравнительной оценке вариантов систем или проверке обеспечения требуемого уровня надежности.

Второй тип задач представляет собой анализ надежности, который проводят для установления количественных показателей, оценивающих влияние отдельных факторов на комплексный показатель надежности системы. Исходные данные для расчета включают помимо данных, используемых в решении задач первого типа данные о приоритете водообеспечения отдельных объектов и показатели ущерба из-за ненадежности системы. В результате решения этой задачи возможна проверка обеспечения требуемого уровня надежности или обоснование его экономической целесообразности, а также выявление возможности оптимизации системы с учетом ее развития или изменения уровня бесперебойного водообеспечения.

Надежность системы определяют не только показатели надежности входящих в нее элементов и схема их соединения, но и наличие резерва

функционирования. Важным вопросом при решении задач надежности является правильность деления системы на элементы с точки зрения соответствия тем функциям, которые они должны выполнять. Надежность системы водоснабжения определяется надежностью входящих в нее элементов, схемой их соединения, наличием резервных элементов, качеством строительства и эксплуатации системы. Применение высококачественных материалов и оборудования, качественное строительство и соответствие характеристик построенных сооружений характеристикам проектной документации обеспечивают надежность на стадии строительства.

В процессе эксплуатации надежность достигается своевременным текущим контролем за работой системы, правильным уходом за оборудованием, своевременным обнаружением, ликвидацией неисправностей и т. д. Для этого используют оптимальные методы технического обслуживания и ремонта, разработанные на основе анализа и обработки данных о надежности изделий по результатам эксплуатации. В процессе эксплуатации выявляют также ошибки и просчеты, допущенные во время проектирования и реализации проекта.

При проектировании систем необходимо проверять показатели надежности, для определения которых важно сформулировать требования, выбрать параметры и установить нормы заданного уровня качества бесперебойного водообеспечения. Работоспособность — состояние системы, при котором она способна обеспечивать заданный уровень качества бесперебойного водоснабжения потребителей, установленный требованиями или критическими условиями водообеспечения расчетных моделей.

Требования СНиП не устанавливают показателей надежности и не используют понятия и характеристики (выходные параметры) систем, дающие возможность перейти на показатели надежности. В то же время косвенными характеристиками для определения показателей надежного водообеспечения потребителей служат: нормы водообеспечения, суммарная производительность водопитателя, требования к бесперебойности подачи воды по водоводам и водопроводным сетям, требования к дублированию источников энергоснабжения насосных агрегатов, резервирование элементов сооружений, срок службы системы и т. п.

Говоря о «надежности противопожарного водообеспечения», имеют в виду не какую-то абстрактную надежность, а надежность водоснабжения потребителей во время пожара. В результате можно дать следующее определение надежности системы водоснабжения, представляющей собой комплекс водопроводных сооружений — это способность (вероятность)

обеспечения бесперебойной подачи требуемого количества воды потребителю (близкого к оптимальному) с заданным напором в течение заданного срока службы. Надежность следует понимать в двух аспектах: качественном — свойство системы, включающей сооружения и потребителей (характер водообеспечения), и количественном — мера суждения об определенном состоянии системы водоснабжения (характеристика этой меры — показатель надежности).

Под «заданными функциями» в общем случае понимают регламентированные требования потребителей к бесперебойности водообеспечения. Когда эти функции выполняются системой по отношению к конкретному потребителю *i*, считается, что система находится в работоспособном состоянии (состоянии работы) по отношению к *i*. Следует отметить, что службы эксплуатации не осуществляют строгого контроля за соблюдением норм отбора воды для тушения пожаров, на которые рассчитана система. В результате чрезмерного отбора воды на противопожарные нужды отмечаются нарушения водоснабжения других потребителей или разрушение водопроводных труб из-за недопустимого повышения давления при гидравлических ударах, возникающих в результате повышенной водоотдачи водопроводной сети во время работы пожарных автонасосов. Таким образом, система в одном и том же состоянии может быть работоспособной по отношению к потребителю *i* и неработоспособной по отношению к потребителю *j*(состояние отказа по отношению к потребителю *j*). Недостаточная надежность системы в этом случае приводит к ухудшению или нарушению нормального хозяйственно-питьевого водообеспечения, необходимого для естественного потребления воды и создания комфортных условий для населения. При рассмотрении вопросов надежности важным является понятие «состояние отказа», определяющего уровень качества бесперебойного водообеспечения и выход его за допустимый предел.

1.2 Отказы систем водоснабжения

Состояние отказа характеризует частичную или полную утрату качества функционирования. Система водоснабжения может находиться е состоянии полного или частичного отказа. Отказ — событие, при котором технологические показатели работы системы водоснабжения выходят за пределы сформулированного понятия работоспособности. Полный отказ — отказ, в результате которого система становится неспособной выполнять заданные функции Частичный отказ — отказ элементов системы, после которого система еще способна выполнять заданные функции.

К отказам относятся недопустимые отклонения параметров от требуемых значений водообеспечения, временные нарушения водообеспечения системой или выход системы из строя с полным прекращением подачи воды. Требуемое водообеспечение в данном случае представляет собой значение, минимизирующее приведенные капиталовложения, издержки эксплуатации и затраты на возмещение последствий от пожаров, вызванных нарушением бесперебойного водообеспечения за нормативный (заданный) срок службы системы. Видимо, оптимальному значению водообеспечения отвечает определенная вероятность или допустимый риск. Состояние отказа для систем водоснабжения может быть сформулировано как:

- любой кратковременный перерыв в подаче воды для тушения пожара; нарушение режима водообеспечения, заданного нормами расхода и напора воды, подаваемой для противопожарных нужд;

- перерыв в водоснабжении хотя бы одного потребителя;

- перерыв в водоснабжении части потребителей;

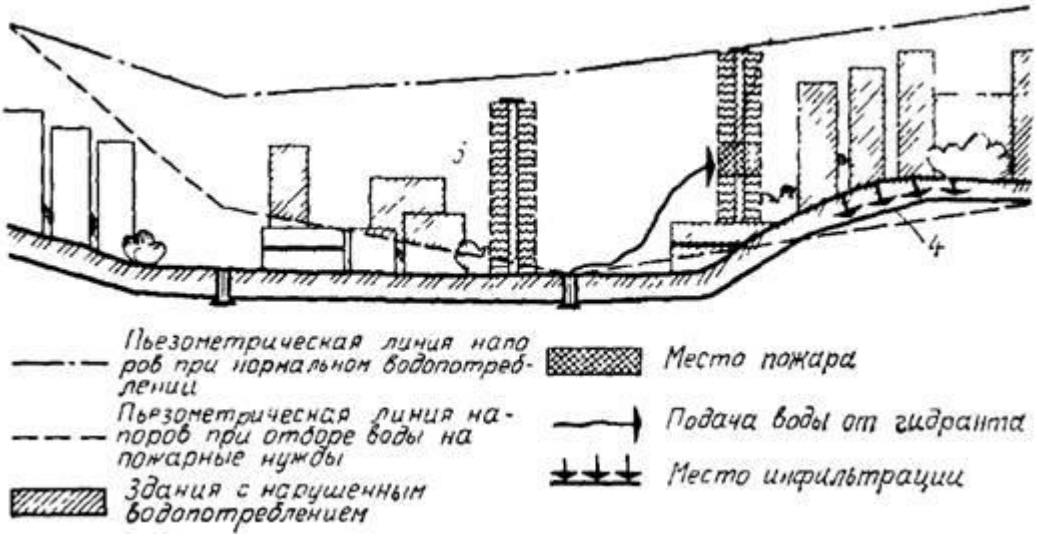
- полное прекращение водоснабжения потребителей;

- перерыв в водоснабжении на время, превышающее регламентированное для данной группы потребителей, и др.

В коммунальных системах водоснабжения отказы некоторых элементов не приводят к потере работоспособности системы в целом, но иногда являются заранее «запланированным» событием (профилактический плановый ремонт участков водопроводной сети; замена насосно-силового оборудования после установленного срока службы и т. п.).

Таким образом, за меру надежности системы принимается вероятность случайного события, в результате которого за установленный срок эксплуатации не произойдет ни одною отказа. Отказы, вызывающие нарушение заданного режима водообеспечения при тушении пожаров (например, отказ пожарного гидранта, разрушение участка водопроводной сети и др.), могут произойти не только в результате аварий и повреждений отдельных элементов самой системы («внутренние» отказы водоснабжения — рис. 1.1, а), по и в результате воздействия внешних факторов («внешние» отказы водоснабжения — рис. 1.1, б).

а)



б)

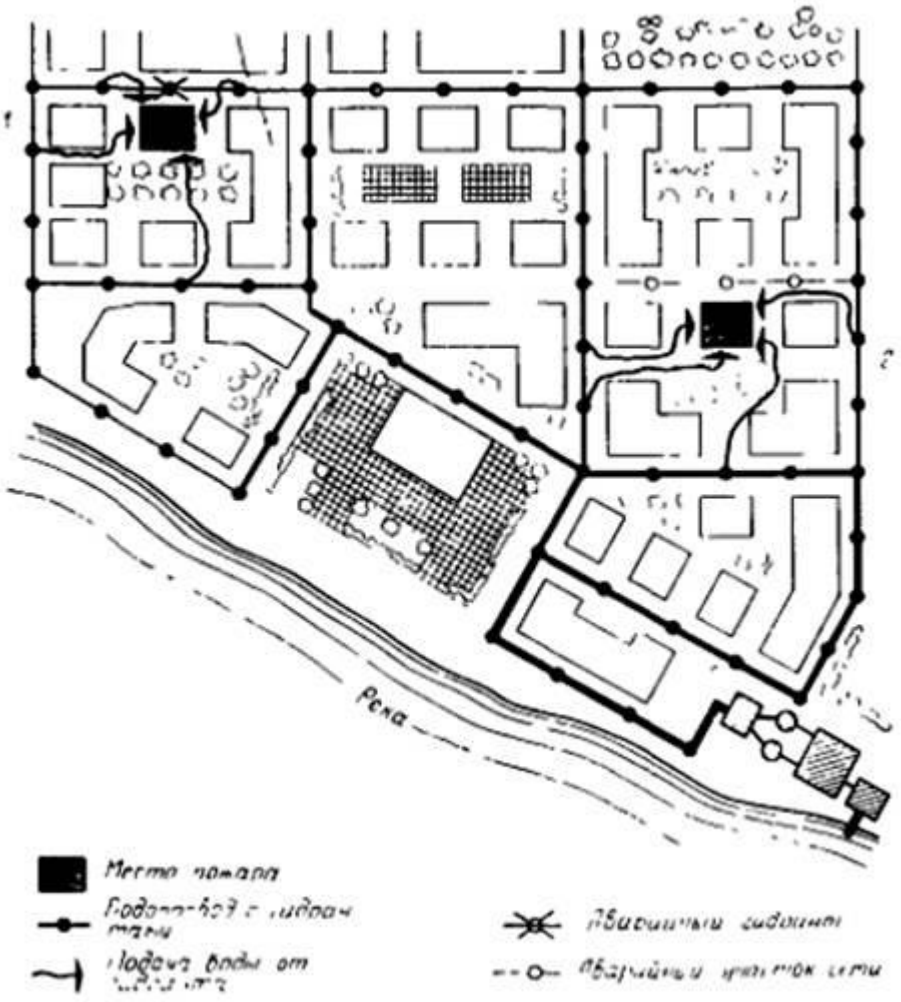


Рисунок 1.1 – Схема отказов водопроводной сети

а — «внутренний» отказ; б—«внешний» отказ,

1 — нарушение подачи воды при выходе из строя пожарного гидранта,

2 — нарушение водоснабжения при аварии участка сети,

3 — нарушение водообеспечения жителей города из-за снижения напора при чрезмерном отборе воды для тушения пожаров,

4 — нарушение санитарно-гигиенических условий водоснабжения (образование инфильтрации, вызванной разрежением в сети) в результате отбора воды при тушении пожаров.

За отказ системы водоснабжения на стадии ее расчета и проектирования понимается состояние, которое не может отвечать заданным требованиям, формализуемым с помощью критических условий водообеспечения на основе расчетных моделей. Вероятность отказа в этом случае является вероятностью выхода (выброса) за некоторый допустимый уровень. В системе водоснабжения, работающей в режиме пожаротушения, появление независимого события (отказа) характеризует вероятность того, что фактические параметры водопотребления превышают расчетные, определяемые требованиями нормативов. К этим параметрам относятся: расход воды для тушения пожара, продолжительность отбора в процессе тушения, продолжительность восстановления израсходованного при пожаре неприкосновенного запаса воды, одновременное число отборов при пожаре, график неравномерности водоотбора потребителей.

При рассмотрении сложного вероятностного процесса отбора воды для тушения пожаров важно установить оптимальную норму водообеспечения потребителя или отвечающий ей размер риска ε. Значениеε изменяется в пределах доверительного интервала, тем большего, чем менее точен прогноз капитальных затрат, издержек эксплуатации и возмещения ущербов от пожаров. Кроме того, значение ε меняется со временем. Состояние, характеризующее нарушение расчетною водообеспечения конкретного потребителя, может быть представлено следующим образом. Пусть система водоснабжения обеспечивает потребителей водой в соответствии с заданными графиками режима потребления воды по часам суток, дням недели и сезонам года и находится в N различных состояниях. Множество состояний N разобьем на два подмножества Подмножество N_{Ri} — совокупность состояний, в которых потребитель i имеет связь хотя бы с одним источником системы (система связана в данном состоянии), а подмножество N_{Qi} —совокупность состояний, в которой таких связей нет (система не связана). Состоянию системы в точке i соответствует определенная водоотдача $\Phi(q_{ij})$. характеризующая в данной точке качество бесперебойного водообеспечения, которое зависит от пропускной способности элементов изменения напора воды в водопроводной сети и подачи водоисточника в данном состоянии. В некоторых случаях на качество бесперебойного водообеспечения значительно влияет процесс водопотребления более ответственными потребителями системы, чем потребитель i.

В коммунальной системе водоснабжения возникновение отказов даже достаточно большого числа элементов или значительные отклонения

эксплуатационных показателей от заданных (например, снижение напора в водопроводной сети, уменьшение запасов воды в резервуарах, авария на отдельных участках сети и др.) не должны приводить к полному выходу ее из строя, а лишь к снижению уровня качества бесперебойною водообеспечения.

1.3 Влияние случайных факторов на надежность систем водоснабжения

Система водоснабжения подвержена влиянию случайных факторов, которые необходимо прогнозировать. Для расчета параметров системы необходимо знать возможные источники случайных воздействий, а также их количественные характеристики. Случайные воздействия внешней среды (климата, времени года, метеорологических условий и т. д.), отклонения от нормального режима водопотребления внутри самой системы (включение непредвиденного количества пожарной техники, обусловленное ростом уровня пожарной опасности объектов; чрезмерное потребление воды на хозяйственно-питьевые нужды в результате улучшения уровня санитарно-технического обеспечения и др.) бывают настолько значительными, что могут привести к существенному изменению параметров работы системы. Поэтому оценке влияния указанных факторов необходимо уделять серьезное внимание при проектировании новых и реконструкции существующих систем.

Несмотря на это, влияние случайных факторов далеко не всегда учитывается, и фактические условия работы системы часто существенно отличаются от условий, на которые она была рассчитана при проектировании Например, режим водопотребления при тушении пожаров зависит от большого числа причин, которые трудно учесть и фактические расходы воды могут существенно превысить нормативные. Следует также отметить, что потребление воды для тушения пожаров увеличивается из года в год. Наряду с этим модернизируется техника для отбора воды на противопожарные нужды и увеличивается производительность пожарных автонасосов. В то же время не исключено, что параметры работы системы водоснабжения, определяющие характеристики ее функционирования в течение определенного срока службы, будут ниже характеристик функционирования новой пожарной техники. Это приведет к спаду функционирования системы водоснабжения.

Определение влияния отказов на качество бесперебойного водообеспечения является предметом исследования надежности систем водоснабжения. При разработке критериев и норм надежности водообеспечения и выборе номенклатуры соответствующих параметров необходимо учитывать конструкции водопроводных сооружений системы

на стадии проектирования, а также прогнозы развития пожарной техники Вероятность нормального функционирования системы водоснабжения зависит не только от правильного определения продолжительности отбора воды, но и от расчета продолжительности восстановления израсходованного количества воды при пожаре. Для определения уровня качества работы системы необходимо иметь математическую модель для определения характеристик состояний системы в зависимости от ее параметров.

1.4 Пути обеспечения надежности системы водоснабжения

Обеспечение надежности системы водоснабжения, как и других систем массового обслуживания, является одной из основных задач при их проектировании. Система должна быть запроектирована и построена так, чтобы в процессе эксплуатации она выполняла свои функции с заданной степенью бесперебойности. Поскольку функцией систем водоснабжения является подача потребителям воды в соответствии с заданным режимом потребления, то выполнению этих условий отвечает работоспособное состояние системы. Если в результате каких-либо причин снижается качество водообеспечения объекта ниже допустимого предела, то имеет место «отказ» системы. Надежность систем подачи воды достигается структурным резервированием отдельных элементов системы, т. е. параллельным включением нескольких взаимозаменяемых элементов или путем «временного» резервирования.

Структурное резервирование. Примером нерезервированной системы подачи воды является водопровод из нескольких n последовательно включенных элементов (рис. 4.2, а). Его работоспособное состояние обеспечивается только при исправности всех элементов; отказ любого элемента вызывает полный отказ всей системы.

Нерезервированной являются две линии, включенные параллельно между точкой подачи А и точкой отбора Б (см. рис 4.2, б) при условии, что для бесперебойной подачи воды необходима одновременная работа обеих линий. Предположим, что отказу системы отвечает снижение подачи воды более чем до 70%. По тракту 1 может быть подано 60%, по тракту 2 — 40% (или 50%) требуемого расхода воды. Подобная система не является резервированной, так как авария любого тракта приводит к снижению подачи более допустимого предела.

Надежность такой системы уменьшается с увеличением числа элементов и всегда меньше надежности каждого ее элемента.

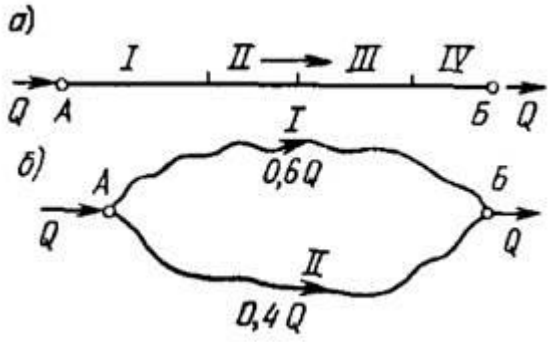


Рисунок 1.2 – Схема водовода
а – последовательное включение элементов,
б – параллельное включение элементов

Резервированные системы представляют собой *m* элементов, из которых только *n* элементов предназначены для обеспечения нормального функционирования системы. Надежность этой системы возрастает с увеличением «кратности резервирования» $k=m/n$, где *m* — число резервных элементов; *n*— число основных элементов.

Увеличение надежности водоводов достигают при устройстве соединительных перемычек.

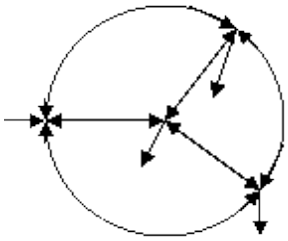


Рисунок 1.3 – Кольцевая водопроводная сеть

Кольцевая водопроводная сеть является резервированной системой. Большинство точек отбора воды соединено с точками питания сети многими возможными путями, поэтому аварии отдельных участков сети не нарушают существенно процесса водообеспечения.

Следует отмстить, что увеличение роста водопотребления населенных пунктов по сравнению с прогнозом водообеспечения вызывает необходимость развития системы водоснабжения путем реконструкции и модернизации водопроводных сооружений за счет увеличения числа водоводов, прокладки дополнительных магистралей сети, замены агрегатов на насосных станциях и установок на очистных сооружениях более мощными, а иногда строительства более совершенных источников и водозаборов.

Временное резервирование. Вторым способом увеличения надежности является использование резервных и аккумулирующих емкостей для

хранения запасов воды в период ремонта отказавших элементов. Наиболее распространенным методом временного резервирования является устройство запасного резервуара в конечной точке водовода. Вместимость резервуара в этом случае должна быть достаточной для снабжения объекта на время ликвидации аварии водовода. В ряде случаев при резервуаре устраивают для этой цели насосную станцию.

Контрольные вопросы

1. Основные показатели надежности элементов систем противопожарного водоснабжения.
2. Классификация систем водоснабжения.
3. Противопожарное водоснабжение населенных пунктов и промышленных объектов.
4. Обеспечение подачи воды к месту пожара в условиях дефицита водных ресурсов.
5. Отказы систем противопожарного водоснабжения.

ТЕМА 2. Оценка надежности систем противопожарного водоснабжения

Вопросы для самостоятельного изучения

Размещение пожарных гидрантов на водопроводных сетях. Определение требуемого расстояния между пожарными гидрантами.

Резервуары чистой воды, их назначение и устройство в соответствии с требованиями нормативных документов. Определение емкости резервуаров чистой воды. Способы сохранения и восстановления пожарного запаса воды. Пожарные резервуары и водоемы. Определение емкости, количества пожарных водоемов, размещение их на территории населенного пункта и промышленного предприятия. Устройства для забора воды пожарной техникой в летнее и зимнее время.

Содержание вопросов

Размещение пожарных гидрантов на водопроводных сетях

В СП 8.13130.2020 указывается, что расстановка пожарных гидрантов на водопроводной сети должна обеспечивать пожаротушение любого обслуживаемого данной сетью здания, сооружения или его части не менее чем от двух гидрантов при расходе воды на пожаротушение 15 л/с и более, одного - при расходе менее 15 л/с с учетом прокладки рукавных линий длиной не более 200 м – при наличии автонасосов, 100 - 150м при наличии мотопомп, в зависимости от типа мотопомп. Указанная

длина при наличии автонасосов объясняется тем, что прибывающий на пожар боевой расчет в составе одного отделения имеет в своем распоряжении, как правило, не более 10 рукавов.

Радиус действия гидранта r (рис. 2.1) можно определить по формуле:

$$r = \frac{l_{\text{р}}}{1{,}2} + R_{\text{к}} \cos\alpha - l_{\text{р.зд}} - \Delta Z \sin\beta, \qquad (2.1)$$

где $l_{\text{р}}$ – длина рукавов; 1,2 – коэффициент, учитывающий изгиб рукавов; $R_{\text{к}}$ – радиус компактной части струи; a – угол наклона струи; ΔZ – разница геометрических отметок здания и автонасоса; β – угол наклона местности по отношению к горизонтальной поверхности; $l_{\text{р.зд}}$ – длина рукавной линии по высоте здания.

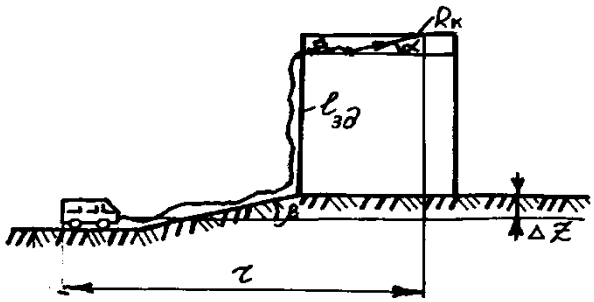


Рис. 2.1. Радиус действия гидранта

Длина рукавной линии в зданиях может быть определена по формуле

$$l_{\text{р.зд}} = kn, \qquad (2.2)$$

где k – длина рукавной линии, приходящаяся на один этаж; n – количество этажей в здании. Величину k можно принять по таблице 2.1.

Таблица 2.1

Тип здания	Прокладка рукавов в здании	Формула для определения $l_{\text{р.зд}}$, м	
		Рекомендации	Требования
Жилое	Вертикальная	$l_{\text{р.зд}} = 4\,n$*	$l_{\text{р.зд}} = 3\,n$
	Ползучая	$l_{\text{р.зд}} = 10\,n$	$l_{\text{р.зд}} = 9\,n$
Производственное	Вертикальная	$l_{\text{р.зд}} = 6\,n$	$l_{\text{р.зд}} = hn$**
	Ползучая	$l_{\text{р.зд}} = 12\,n$	$l_{\text{р.зд}} = 3\,hn$

* n количество этажей;

** h – высота этажа производственного здания, для ползучей прокладки принимается утроенная высота этажа.

Пожарные резервуары

Пожарный резервуар представляет собой ёмкость для хранения жидкости для локализации пожаров. Это оборудование предусматривается в тех случаях, когда водозабор из источника водоснабжения экономически

невыгоден, невыполним технически или же его объёма недостаточно для устранения возгорания.

Такие резервуары монтируются в инженерной системе пожаротушения на предприятиях, имеющих признаки повышенной опасности в производственном процессе. К этой же категории относят и автозаправочные станции, нефтебазы и склады горюче-смазочных материалов (ГСМ).

Правила расположения

Размещение ёмкостей производится исходя из наличия зданий и сооружений, с учётом СП, не допуская превышения расстояний:

- при установленных мотопомпах — в радиусе от 100 до 150 м;
- при работе автонасосов — до 200 м.

Удалённость до зданий I и II степеней огнестойкости не ближе 10 м; до зданий III; IV; V степеней и открытых складов ГСМ — 30 м. Оборудование располагается таким образом, чтобы подача реагента могла быть осуществлена в любое время суток и в нужном количестве для тушения и внутреннего пожара, и возгорания извне.

Конструкционные особенности

Конструкционно пожарный резервуар — это одностенная вертикальная или горизонтальная ёмкость прямоугольной либо цилиндрической формы с конусообразным днищем. Горизонтальные пожарные водохранилища имеют вместимость от 5 куб.м. до 100 куб.м.

Вертикальные хранилища воды гораздо вместительнее — 100–5000 куб.м. Кроме того, при установке такая конструкция допускает экономию площади занимаемой территории.

Пожарные ёмкости производят из листовой стали с внутренним антикоррозийным покрытием (либо без него). Марки сталей для изготовления подбираются в соответствии с климатическими особенностями региона установки. Внутренние кольцевые жёсткостные диафрагмы обеспечивают дополнительную прочность корпусу.

Монтаж конструкции производится на основание. Для него могут быть использованы дорожные блоки, фундаментные плиты, бетонная подушка либо специальные металлические опоры на высоте от поверхности земли от 3-х до 7 метров. Ёмкость крепится на анкерных болтах через отверстия в основании. Монтаж может быть наземным или подземным.

Наземные конструкции в суровом климате нуждаются в дополнительной теплоизоляции ёмкости:

- установка змеевика с подводом теплоносителя непосредственно от теплотрассы либо от котельной;
- установка электрообогрева трубопроводов системы и самого резервуара посредством стеклопластиковых обогревателей;

• организация принудительной циркуляции жидкости с целью недопущения замерзания.

Подземные сооружения имеют преимущество перед ёмкостями, размещёнными на поверхности, по экономия места и отсутствию необходимости утепления или подогрева внутренней полости в зимний период. Подземное хранилище жидкости для локализации огня может иметь только цилиндрическую форму.

Минусом подземного расположения считается комплекс дорогостоящих земляных работ, необходимость подготовки и надёжного закрепления основания. Кроме того, необходима внешняя гидроизоляция как защита от грунтовых вод, основанная на многослойном покрытии эпоксидными лакокрасочными материалами или полимерами.

Наполнение происходит при помощи насосов через предусмотренный в сооружении люк.

Структура комплекта

В соответствии с конструкцией в комплект пожарного резервуара включаются лестницы или скобы для подъёма-спуска персонала, смотровые площадки, датчики и приборы контроля уровня жидкости.

В конструкции всей системы по современным требованиям необходимо предусмотреть следующее оборудование:

1. наливной патрубок. Наполнение резервуара происходит через перекрывающую задвижку-трубопровод;
2. дренажный колодец. Он нужен для заполнения водой пожарной автомашины. Он связывает резервуар при переливах с ливневой канализацией;
3. всасывающий патрубок с задвижкой. Через него происходит заполнение пожарными насосами;
4. сливной патрубок с перекрывающей задвижкой для плановых, аварийных сливов, а также для слива при осмотре, контроле или ремонтных работах;
5. переливной патрубок. Он соединён с дренажным колодцем и канализацией на случай переполнения резервуара.



Рисунок 2.2. Схема пожарного резервуара.

Основными факторами при выборе и устройстве конструкции для пожаротушения являются количество возможных возгораний и продолжительность их по времени. Поэтому для правильного подбора резервуара определяется ориентировочное число предполагаемых вероятных возгораний за определённый временной промежуток. Также рассчитывается продолжительность времени, планируемого на устранение возгорания.

Затем устанавливается оптимальный объём пожарного резервуара — с условием обеспечения водой пожаротушения из внутренних пожарных кранов, с учётом потребности спринклерных и дренчерных установок, не обеспеченных собственными резервными запасами. При расчёте допускается возможность пополнения запаса пожарного резервуара во время пожара из общей системы водоснабжения.

Резервуары чистой воды (РЧВ) выполняют роль регулирующих и запасных емкостей и располагаются между насосными станциями первого и второго подъёмов.

Общий объем РЧВ должен включать регулирующий и неприкосновенный противопожарный объем воды:

$$W_{\text{рчв}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{н.з}}. \qquad (2.3)$$

Регулирующий объём РЧВ обеспечивает хранение регулирующего объема воды, образующегося в результате того, что насосная станция первого подъема обычно работает в равномерном режиме (если обе станции работают в равномерном режиме с одинаковой подачей воды, то $W_{\text{рег}} = 0$).

Регулирующий объем РЧВ определяется на основании графиков поступления и отбора воды, а при их отсутствии по формуле:

$$W_{\text{рег}} = Q_{\text{сут.макс.}}[(1-k_{\text{н}}) + (k_{\text{ч}} - 1)(k_{\text{н}} / k_{\text{ч}})^{k_{\text{н}}/k_{\text{ч}}-1}], \qquad (2.4)$$

где $Q_{\text{сут.макс}}$ – максимальный суточный расход воды в сутки, м^3/с; $k_{\text{н}}$ – отношение максимальной часовой производительности насосной станции к среднему часовому расходу воды в сутки максимального потребления; $k_{\text{ч}}$ – коэффициент часовой неравномерности, определяемый как отношение максимального часового расхода (отбора воды) к среднему (в сутки максимального водопотребления).

Регулирующие объемы воды на промышленных предприятиях, присоединенных к централизованной системе водоснабжения, надлежит определять на основании графика водопотребления каждого предприятия и графика подачи воды в соответствии с режимом работы всей системы.

Объем неприкосновенного противопожарного запаса воды в РЧВ должен приниматься из условия, что пожаротушение осуществляется из наружных гидрантов и внутренних пожарных кранов, а также специальными средствами пожаротушения (спринклерными, дренчерными и другими установками, если эти установки не имеют собственных резервуаров), и на весь период пожаротушения обеспечиваются максимальные хозяйственно-питьевые и производственные расходы. При этом на промышленном предприятии расходы воды на поливку территории, душ, мытье полов и мойку технологического оборудования не учитываются.

Таким образом,

$$W_{\text{н.з}} = W_{\text{нар}} + W_{\text{вн}} + W_{\text{уст}} + W_{\text{хоз}}. \qquad (2.5)$$

При этом $W_{\text{нар}} = Q_{\text{нар}}\tau 3600;\ W_{\text{вн}} = Q_{\text{вн}}\tau 3600;$

$$W_{\text{уст}} = Q_{\text{уст}}\tau_1 3600;\ W_{\text{хоз}} = Q_{\text{хоз.пр}}\tau 3600,$$

где $Q_{\text{нар}}$, $Q_{\text{вн}}$, $Q_{\text{уст}}$, $Q_{\text{хоз.пр}}$ – соответственно, расходы, на наружное пожаротушение, на пожаротушение внутренними пожарными кранами, стационарными установками, на хозяйственно-питьевые и производственные нужды, м^3/с; τ – продолжительность тушения пожара из гидрантов и внутренних пожарных кранов; τ_1 – продолжительность тушения пожара установками пожаротушения.

При подаче воды по одному водоводу в РЧВ должен предусматриваться дополнительный аварийный объем на время ликвидации аварии на водоводе. Тогда вместо формулы (2.3) следует использовать формулу:

$$W_{\text{рчв}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{н.з}} + W_{\text{ав}}. \qquad (2.6)$$

Аварийный объем воды должен обеспечивать:

- хозяйственно-питьевые нужды в размере 70 % от расчетного расхода;
- производственные расходы по аварийному графику;

- расходы на пожаротушение – наружное, внутреннее и установки пожаротушения в течение нормативного времени пожаротушения.

Таким образом,

$$W_{\text{ав}} = (0{,}7Q_{\text{хоз.макс}}\tau_{\text{ав}} + Q_{\text{пр.ав}}\tau_{\text{ав}} + Q_{\text{нар}}\tau)3600 + W_{\text{пож}}, \qquad (2.7)$$

где $\tau_{\text{ав}}$ – нормативное время ликвидации аварии, ч; $Q_{\text{пр.ав}}$ – расход воды на производственные цели по аварийному графику, м^3/с; τ – продолжительность тушения пожара, ч.

Объём воды на нужды пожаротушения составляет:

$$W_{\text{пож}} = W_{\text{нар}} + W_{\text{вн}} + W_{\text{уст}}. \qquad (2.8)$$

Если во время пожара гарантирована бесперебойная подача воды Q_1 в РЧВ, то при расчете объема РЧВ допускается учитывать пополнение РЧВ за время тушения пожара. Тогда объем неприкосновенного запаса определяется по формуле:

$$W_{\text{н.з1}} = W_{\text{н.з}} - Q_1\tau 3600. \qquad (2.9)$$

Максимальный срок восстановления пожарного объема воды должен быть не более:

- 24 ч — в населенных пунктах и на промышленных предприятиях с помещениями по пожарной опасности категорий А, Б, В;
- 36 ч — на промышленных предприятиях с помещениями по пожарной опасности категорий Г и Д;
- 72 ч — в сельских населенных пунктах и на сельскохозяйственных предприятиях.

Для промышленных предприятий с расходами воды на наружное пожаротушение 20 л/с и менее допускается увеличивать время восстановления пожарного объема воды:

- до 48 ч — для помещений категорий Г и Д;
- до 36 ч — для помещений категории В.

На период восстановления пожарного объема воды допускается снижение подачи воды на хозяйственно-питьевые нужды системами водоснабжения 1-й и 2-й категорий до 70 %, 3-й категории – до 50 % от расчетного расхода и подачи воды на производственные нужды по аварийному графику.

Общее количество РЧВ, как правило, должно быть не менее двух. Распределение запасных и регулирующих объемов воды следует производить пропорционально количеству РЧВ и их объему. При выключении одного резервуара в остальных должно храниться не менее 50 % пожарного и аварийного объемов воды.

Устройство одного резервуара допускается в случае отсутствия противопожарного и аварийного объемов воды.

Водонапорная башня располагается между НС-II подъёма и сетью (в

обычной схеме водоснабжения) или в конце сети (в схеме водоснабжения с контррезервуаром). Водонапорная башня предназначается для:

- регулирования неравномерности водопотребления;
- хранения неприкосновенного противопожарного запаса воды;
- создания необходимого напора в водопроводной сети.

Исходя из назначения водонапорной башни объем бака водонапорной башни определяется по формуле:

$$W_{\text{б}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{н.з}}, \qquad (2.10)$$

где $W_{\text{рег}}$ – регулирующий объем; $W_{\text{н.з}}$ – неприкосновенный запас (объем).

Регулирующий объем бака водонапорной башни определяется на основании графиков поступления и отбора воды, а при их отсутствии - по формуле (4.2).

Неприкосновенный объем воды определяется из соотношения:

$$W_{\text{н.з}} = W_{\text{хоз}} + W_{\text{пож}}, \qquad (2.11)$$

где $W_{\text{хоз}}$ – объем воды на хозяйственно-питьевые и производственные цели на 10 мин тушения пожара; $W_{\text{пож}}$ – объем воды на 10 мин тушения: одного внутреннего и одного наружного пожара при одновременном наибольшем расходе воды на другие нужды.

Таким образом:

$$W_{\text{хоз}} = Q_{\text{хоз.макс}} \cdot 10 \cdot 60; \qquad (2.12)$$

$$W_{\text{пож}} = Q_{\text{пож}} \cdot 10 \cdot 60, \qquad (2.13)$$

где $Q_{\text{хоз.макс}}$ – максимальный расход воды на хозяйственно-питьевые и производственные цели без учета расхода воды на промышленных предприятиях на поливку территории, душ, мытье полов и мойку технологического оборудования, $м^3/с$; $Q_{\text{пож}}$ – расход воды на пожаротушение, $м^3/с$.

При этом нужно иметь в виду следующее:

- при обосновании допускается хранение в баках водонапорных башен полного пожарного объема, определяемого по формуле (4.2);
- противопожарный объем воды водонапорной башни, общей для населенного пункта и промышленного предприятия, надлежит принимать по большему расчетному расходу для предприятия или населенного пункта.

Вне водонапорных башен на подводяще-отводящем трубопроводе следует предусматривать устройство для отбора воды пожарными машинами.

Высота водонапорной башни $H_{\text{в.б}}$ определяется по формуле:

$$H_{\text{в.б}} = 1{,}05h_{\text{с}} + H_{\text{св}} + (z_{\text{д.т}} - z_{\text{в.б}}), \qquad (2.14)$$

где 1,05 – коэффициент, учитывающий потери напора в местных сопротивлениях; $h_{\text{с}}$ – потери напора в сети в обычное время (без пожара)

от водонапорной башни до диктующей точки в период наибольшего водопотребления; $H_{св}$ – свободный напор в диктующей точке, определяемый по формуле:

$$H_{св} = 10 + (n-1)4, \qquad (2.15)$$

где n – количество этажей.

Для уменьшения высоты водонапорной башни ее располагают обычно на наиболее возвышенной точке местности.

По типовым проектам сооружают водонапорные башни высотой до дна бака 8 – 40 м и баками с объемом 50 – 800 м^3.

Хранение пожарного объема воды в специальных резервуарах или открытых водоемах допускается для:

- населенных пунктов с числом жителей до 5000 человек;
- производственных зданий с категориями В, Г, Д, при расходе воды на наружное пожаротушение 10 л/с;
- отдельно стоящих общественных зданий объемом до 1000 м^3, расположенных в населенных пунктах, не имеющих кольцевого пожарного водопровода;
- в ряде других случаев, указанных в СП.

Объем пожарных резервуаров и водоемов следует определять, исходя из расчетных расходов воды и продолжительности тушения пожаров.

К пожарным резервуарам, водоемам и приемным колодцам должен быть обеспечен свободный подъезд пожарных машин. У мест расположения пожарных резервуаров и водоемов должны быть предусмотрены указатели в соответствии с требованиями ГОСТ. Количество пожарных резервуаров и водоемов должно быть не менее двух. В каждом должно храниться 50 % объема воды на пожаротушение. Подача воды на тушение любой точки пожара должна обеспечиваться из двух соседних резервуаров или водоемов.

Пожарные резервуары или водоемы следует размещать из условия обслуживания ими зданий, находящихся в радиусе 200 м – при наличии автонасосов, 100 - 150 м – при наличии мотопомпы и в зависимости от типа мотопомпы. Для увеличения радиуса обслуживания допускается прокладка от резервуаров или водоемов тупиковых трубопроводов длиной не более 200 м. Расстояние от точки забора воды из резервуаров и водоемов до зданий III, IV, V степени огнестойкости и до открытых складов сгораемых материалов должно быть не менее 30 м, до зданий I и II степени огнестойкости – не менее 10 м.

Подачу воды для заполнения резервуаров и водоемов следует предусматривать по пожарным рукавам длиной до 250 м, а по согласованию с органами управления и подразделениями Государственной противопожарной службы – длиной до 500 м.

Если непосредственный забор воды из пожарного резервуара или

водоема автонасосами или мотопомпами затруднен, то следует предусматривать приемные колодцы объемом 3-5 м^3. Диаметр трубопровода, соединяющего резервуар или водоем с приемным колодцем, следует определять из условия подачи воды на наружное пожаротушение, но не менее 200 мм. Перед приемным колодцем на соединительном трубопроводе следует устанавливать колодец с задвижкой, штурвал которой должен быть выведен под крышку люка.

Понятие о безводопроводном противопожарном водоснабжении. Устройство пирсов, береговых колодцев.

При отсутствии или малой производительности водопровода для пожаротушения используют безводопроводное водоснабжение.

Безводопроводное водоснабжение осуществляется из естественных (реки, озёра, моря и т.п.) и искусственных (водоёмы, резервуары) водоисточников. Естественные водоисточники по сравнению с искусственными имеют преимущество в практически неисчерпаемом запасе воды. Однако, есть и недостатки – из них не всегда можно свободно и быстро забрать воду из-за высоких, крутых или заболоченных берегов. Для обеспечения надёжного забора воды естественные и искусственные водоисточники оборудуются пожарными подъездами или пирсами (см. рис. 2.3), способными выдерживать нагрузку пожарных автомобилей.

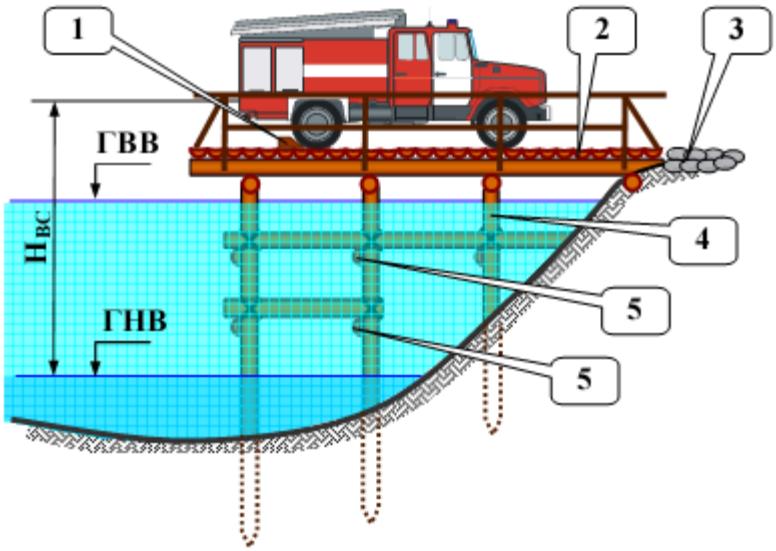


Рисунок 2.3. Пожарный пирс.
1- упорный брус; 2 – настил; 3 – каменная отмоска; 4 – сваи;5 – брусья крепления; ГВВ- горизонт верхнего уровня воды; ГНВ – горизонт нижнего уровня воды; Нвс – высота всасывания пожарного насоса.

Площадку подъезда (пирса) располагают не выше 5 м от уровня горизонта низких вод (ГНВ) и выше горизонта высоких вод (ГВВ) не менее чем на 0,7 м. Сваи и несущие балки площадки устраивают деревянными, железобетонными и металлическими. Ширина настила площадки должна быть не менее 4 – 4,5 м, с уклоном в сторону берега и иметь прочное боковое ограждение высотой 0,7 – 0,8 м. На расстоянии 1,5 м от продольного края площадки укладывается и укрепляется упорный брус сечением не менее 25×25 см. Если глубина воды составляет менее 1 м (с учётом промерзания в зимнее время), в месте её забора устраивают котлован (приямок). В зимнее время, для обеспечения быстрого забора воды около подъездов и пирсов (в местах забора воды) устраивают незамерзающие проруби. Для этого в лёд вмораживают деревянную бочку так, чтобы большая часть её высоты находилась ниже нижней поверхности льда (см. рис. 2.4).

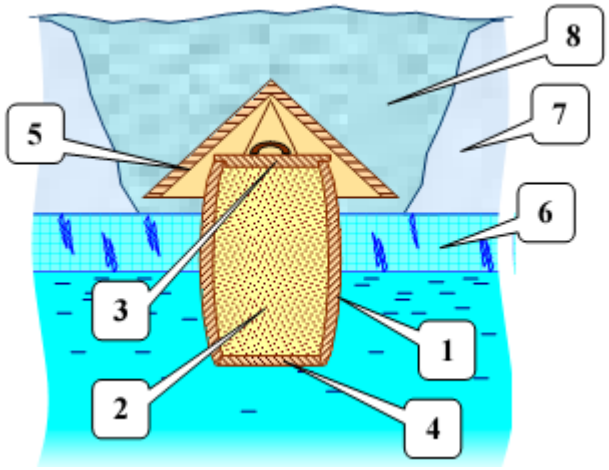


Рисунок 2.4. Утепление проруби при вмораживании бочки.
1- бочка; 2 – утеплитель; 3 – съемное верхнее днище; 4 – вышибное нижнее днище; 5 – крышка; 6- лед; 7 – снежный котлован; 8 – снежная засыпка.

Бочку заполняют утепляющим материалом, закрывают верхним днищем и крышкой, засыпают снегом. Месторасположение пожарной проруби обозначают указателем. Перед забором воды необходимо снять крышку и верхнее днище бочки, вынуть из неё утеплитель и выбить нижнее днище.

При невозможности подъезда к водоисточнику (заболоченные берега и т.п.) устраивают самотечные (приёмные) колодцы (см. рис. 2.5), соединённые с водоисточником самотечными трубопроводами.

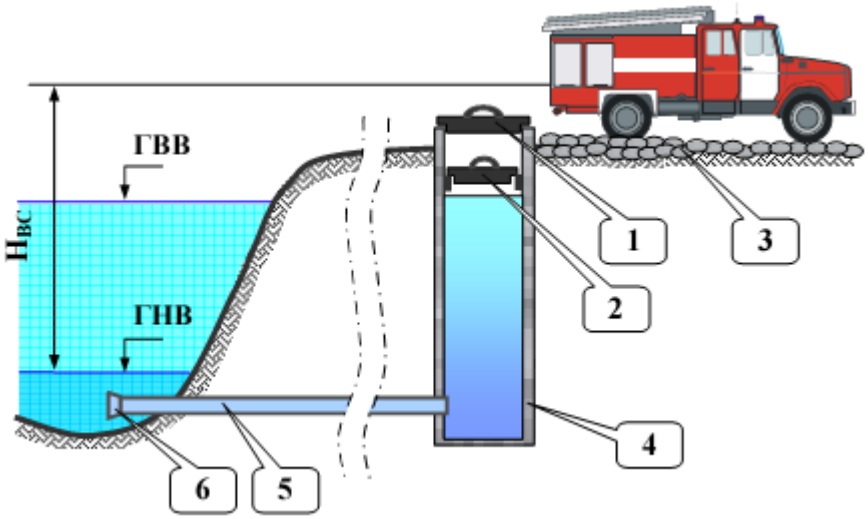


Рисунок 2.5. Утепление проруби при вмораживании бочки.
1- крышка колодца; 2 – крышка утеплителя; 3 – булыжная отмоска; 4 – колодец;
5 – самотечная труба; 6- сетка.

Самотечные колодцы имеют в плане размеры не менее 0,8×0,8 м. Их выполняют из бетона или камня и оборудуют двумя крышками, пространство между которыми зимой заполняют утепляющим материалом для предохранения воды от промерзания. С водоисточником колодец соединяется самотечной трубой диаметром не менее 200 мм. Конец трубы со стороны водоисточника располагается выше дна не менее чем на 0,5 м и ниже уровня горизонта низких вод не менее 1 м. Заборный конец трубы защищают металлической сеткой, препятствующей попаданию посторонних предметов. Глубина воды в колодце должна быть не менее 1,5 м. К самотечному колодцу обеспечивается свободный подъезд, рассчитанный на одновременную установку двух пожарных автомобилей.

При отсутствии возможности использовать для пожаротушения естественные водоисточники предусматривают устройство пожарных водоёмов: водоёмов-копаней или водоёмов-резервуаров (см. рис. 2.6).

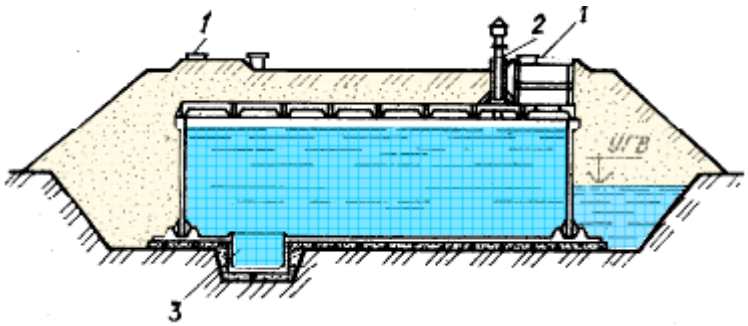


Рисунок 2. 6. Железобетонный водоем-резервуар.
1-люк-лаз; 2 – вентиляционная труба; 3 – приямок;
УГВ – уровень грунтовых вод

Водоёмы-резервуары являются более капитальными сооружениями, чем водоёмы-копани, и более надёжны в эксплуатации. Водоёмы-резервуары могут быть различной формы. Их глубина составляет от двух до пяти метров. Каждый резервуар имеет люк 0,6×0,6 м с двойной крышкой и вентиляционную трубу. Люк служит для забора воды пожарной техникой и для осмотра резервуара. Под люком предусматривается устройство приямка глубиной не менее 0,4 м. Днище резервуара должно иметь уклон в сторону приямка. Вместимость пожарных водоёмов принимают из расчёта тушения пожаров в течение трёх часов.

Если непосредственный забор воды из пожарного водоёма затруднён, устраивают приёмные колодцы, которые по устройству напоминают самотечные колодцы, рассмотренные ранее. При этом перед приёмным колодцем на соединительном трубопроводе (его минимальный диаметр также 200 мм) устанавливают колодец с задвижкой, штурвал которой выведен под крышку люка.

Из каждого пожарного водоёма должен быть обеспечен забор воды не менее чем двумя пожарными насосами. К водоёмам и приёмным колодцам устраивают подъезды с площадками для разворота пожарных автомобилей размером не менее 12×12 м. У места расположения пожарных водоёмов и самотечных колодцев устанавливаются световые (флуоресцентные) указательные знаки, на которых символами указывается тип водоисточника, а цифровыми значениями запас воды в $м^3$ и количество пожарных автомобилей, которые одновременно могут быть установлены.

Задачи для самостоятельного решения

1. Определить высоту водонапорной башни, если потери напора в сети при хозяйственно-питьевом водоснабжении $h_С$ = 20 м, при подаче воды во время пожара $h_{С.П.}$= 40 м. Разность отметок диктующей точки и места установки башни $Z_{ДТ} – Z_{В.Б}$ =-5 м. Здания в поселке четырехэтажные. Следует ли во время пожара отключать водонапорную башню, если водопровод низкого давления?

2.Определить объем неприкосновенного запаса воды для бака водонапорной башни, общей для населенного пункта и предприятия, если площадь предприятия более 150 га, а два основных цеха расположены в зданиях с фонарями II степени огнестойкости, категории В, объемом $150·10^3 м^3$ и $230·10^3$ $м^3$. Число жителей в населенном пункте $20·10^3$ человек, застройка пятиэтажными зданиями. Максимальный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды - 280 л/с.

3.Определить объем РЧВ для объединенного водопровода, если в населенном пункте проживает 19 тыс. человек, здания четырехэтажные, а предприятие занимает площадь менее 150 га, имеет цех объемом $28 \cdot 10^3$ м^3, шириной менее 60 м, здание II степени огнестойкости, производством категории В. Предприятие находится в пределах населенного пункта. Максимальный хозяйственно–питьевой, производственный расход воды в водопроводе 120 л/с. Регулирующий объем воды 200 м^3.

Контрольные вопросы

1. Размещение пожарных гидрантов на водопроводных сетях. Определение расстояния между пожарными гидрантами.
2. Методика определения объема резервуара чистой воды.
3. Пожарные водоемы. Определение емкости, количества пожарных водоемов, размещение их на территории населенного пункта и промышленного предприятия.
4. Устройства для забора воды пожарной техникой в летнее и зимнее время.

ТЕМА 3 Обеспечение надежности подачи воды наружными и внутренними пожарными водопроводами

Обоснование требуемых величин расходов и напоров воды на пожаротушение. Конструктивные решения, обеспечивающие надежную работу внутренних водопроводов. Противопожарное водоснабжение зданий с массовым пребыванием людей.

Определение расчетных расходов воды.

Первоочередной задачей при расчете и проектировании элементов системы водоснабжения является определение объемов воды, подаваемых различным потребителям.

Все виды потребителей воды сводятся к нескольким основным категориям: хозяйственно-питьевые нужды населения; расход воды на полив улиц, площадей и зеленых насаждений;

потребление воды на нужды местной промышленности и неучтенные расходы;

хозяйственно-питьевые нужды и прием душа рабочими и служащими во время пребывания их на производстве;

расход воды на технологические нужды предприятий из городской водопроводной сети;

расход воды на противопожарные нужды.

Расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды определяются по методике указанной в СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и

сооружения. Для нужд пожаротушения расходы воды указаны в СП 8.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности а так же СП 10.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности.

Пример определения нормативных расходов воды

Определить расчетный расход воды на наружное пожаротушение для промышленного предприятия площадью 160 га.

Характеристика зданий промышленного предприятия следующая:

№ здания	Ширина зданий,м	Степень огнестойкости зданий	Объем зданий (тыс.м^3)	Категория производства
1	34	II	51	В
2	56	II	110	Г
3	15	III	18	В
4	23	IV	27	В

Определяем расход воды на наружное пожаротушение для промышленного предприятия. Так как площадь территории предприятия более 150 га, то согласно пункта 6.1 СП 8.13130.2009 на данном предприятии возможно два одновременных пожара.

Определим расходы воды для целей наружного пожаротушения для каждого производственного здания. Так как ширина производственных зданий не превышает 60 м, то расходы воды следует определять по табл. 3 СП 8.13130.2009, таким образом расходы воды для каждого здания составят: Q_1= 30л/с; Q_2=15л/с; Q_3=20 л/с; Q_4=40 л/с.

Согласно примечанию 1 к табл.4 при двух расчетных пожарах расчетный расход воды на пожаротушение следует принимать по двум зданиям, требующим наибольшего расхода, таким образом расход воды на наружное пожаротушение составит $Q_{н\ пож}$=30+40= 70 л/с.

Классификация систем водоснабжения зданий

Системой водоснабжения здания или отдельного объекта называют совокупность устройств, обеспечивающих получение воды из наружного водопровода и подачу ее под напором к водоразборным устройствам, расположенным внутри здания или объекта. Система холодного водоснабжения, называемая обычно внутренним водопроводом, состоит из следующих устройств: ввода (одного или нескольких), водомерного узла (одного или нескольких), сети магистралей, распределительных трубопроводов и подводок к водоразборным устройствам, арматуры. В

отдельных случаях в систему включают установки для повышения напора, а также установки для дополнительной обработки воды (умягчения, обесцвечивания, обезжелезивания и др.). Система водоснабжения здания может быть присоединена к централизованной системе водоснабжения населенного пункта или оборудована устройствами для получения воды из местных источников водоснабжения (подземных или поверхностных).

По назначению системы водоснабжения зданий подразделяют на хозяйственно-питьевые, производственные и противопожарные.

Хозяйственно-питьевые системы водоснабжения предназначены для подачи воды, удовлетворяющей требованиям, установленным СанПиН 2.1.4.559-96 "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества". для питья, приготовления пищи и обеспечения санитарно-гигиенических процедур.

Производственные системы водоснабжения обеспечивают подачу воды различного качества на технологические нужды различных потребителей.

Противопожарные системы водоснабжения предназначены для тушения огня или для предотвращения его распространения. Вода в противопожарных водопроводах может быть и непитьевого качества. По сфере обслуживания системы могут быть объединенными (хозяйственно-противопожарные, производственно-противопожарные, хозяйственно-производственные) или раздельными. Внутренний водопровод, обеспечивающий подачу воды одновременно на хозяйственно питьевые, производственные и противопожарные нужды, называют единым. Соединение водопроводов, подающих воду непитьевого качества, с хозяйственно-питьевыми не допускается.

По способу использования воды системы бывают с прямоточным водоснабжением, с оборотным водоснабжением и с повторным использованием воды. Применение систем с оборотным водоснабжением и с повторным использованием воды находит все большее распространение на промышленных предприятиях. При выборе системы водоснабжения в зависимости от назначения объекта следует учитывать технологические, противопожарные и санитарно-гигиенические требования, а также технико-экономические соображения. Например, жилые и общественные здания могут быть оборудованы объединенным хозяйственно-противопожарным водопроводом с подачей воды питьевого качества. Объединение в одну систему всех водопроводов, подводящих воду одного качества и под одинаковым напором, приводит к уменьшению строительных и эксплуатационных расходов.

Для нормальной работы внутреннего водопровода на вводе в здание должен быть создан такой напор (требуемый), который обеспечивал бы подачу нормативного расхода воды к наиболее высокорасположенному и

наиболее удаленному от ввода (диктующему) водоразборному устройству и покрывал бы потери напора на преодоление сопротивлений по пути движения воды. Напор в наружном водопроводе у места присоединения ввода может быть больше, равен или меньше напора, который требуется для внутреннего водопровода. Ориентировочно требуемый напор для жилых зданий может быть найден по формуле: Нтр = 10 + 4(n-1), м, где 10 - потери напора на 1 этаже, м; 4 - потери напора на каждом последующем этаже, м; n - число этажей.

Минимальный напор в наружном водопроводе у места присоединения ввода (у трубы или на поверхности земли) называют гарантийным. Гарантийный напор не должен быть менее 10 м вод. ст. При периодическом или постоянном недостатке напора в наружном водопроводе до требуемого для здания применяют установки для повышения напора: насосы (постоянно или периодически действующие), водонапорные баки, пневматические установки.

В зависимости от обеспеченности напором и установленного оборудования различают следующие системы водоснабжения:

система, действующая под напором в наружном водопроводе. Ее применяют, когда гарантийный напор в наружном водопровода у места присоединения ввода постоянно больше напора, необходимого для нормальной работы всех водоразборных устройств, или равен ему. Такая система является самой простой и наиболее распространенной и характерна для зданий высотой до 5-6 этажей;

система с водонапорным баком без повысительной насосной установки. Ее применяют, когда гарантийный напор в наружном водопроводе в часы с наибольшим водопотреблением ниже требуемого для здания, а в другие часы суток выше требуемого. В часы недостаточного напора потребители обеспечиваются водой из водонапорного бака, накапливающего ее в часы избыточного напора. Недостаток такой системы заключается в необходимости строительства технического этажа, расположенного выше последнего эксплуатируемого этажа;

система с повысительной насосной установкой без водонапорного бака. Ее применяют, когда режим водопотребления в здании равномерен, а напор в наружном водопроводе постоянно или периодически ниже требуемого для здания. Повысительные насосы располагают в подвале зданий или в центральном тепловом пункте при застройке города целыми микрорайонами;

система с водонапорным баком и повысительной насосной установкой. Ее применяют при недостаточности гарантийного напора и при отсутствии достаточного количества воды в наружном водопроводе и при неравномерном потреблении воды в здании в течение суток. Водонапорный бак, принимающий избыток воды или восполняющий ее недостаток при работе сети, включают в систему как регулирующую

емкость для повышения экономичности работы повысительной насосной установки. При наличии бака повысительные насосы обычно автоматизируют.

В отдельных случаях вместо водонапорного бака применяют пневматическую установку, состоящую из водяного и воздушного баков или одного водовоздушного бака, оснащенных специальным оборудованием (компрессорами, клапанами, манометрами и др.). Такая система водоснабжения называется системой с повысительными насосами и пневматической установкой.

Наиболее совершенными являются системы, имеющие повысительные насосы и гидропневмобаки, не требующие постоянной работы компрессора. Наличие гидропневмобака в составе автоматических насосных установок позволяет значительно уменьшить энергопотребление за счет сокращения числа включений насоса (насосов) и обеспечивать некоторый запас воды. Такие системы характерны для коттеджей и отдельных жилых зданий в городе.

Водоснабжение театров

Здания театров относятся к особо ответственным зданиям, так как во время представлений в них находится большое количество людей, а возникающие пожары характеризуются быстрым ростом площади горения, высокой температурой, задымлением. Особенно быстро развиваются пожары на сценах, где сосредоточено большое количество сгораемых материалов, а помещения имеют достаточно большие объемы. Поэтому для обеспечения безопасной эвакуации людей из зданий театров и успешной ликвидации пожаров в них необходимо в возможно короткое время подать большое количество огнетушащего вещества. Поэтому в театрально-зрелищных предприятиях предусматривают устройство внутренних пожарных водопроводов, спринклерных и дренчерных установок.

Внутренняя водопроводная сеть, как правило, устраивается раздельной: хозяйственно-питьевая и противопожарная. Это обуславливается тем, что городской водопровод в большинстве случаев не может обеспечить подачу пожарных расходов с требуемым напором при максимальном хозяйственно-питьевом потреблении. Кроме того, не всегда возможно отобрать от городского водопровода и пожарный расход, так как его величина нередко достигает 0,1 м^3/с и более. Поэтому чаще всего внутренние водопроводы в зданиях театров устраивают по схеме с запасным резервуаром. При этом емкость запасного резервуара определяется из условия работы пожарных кранов в течение трех часов и установок пожаротушения в течение одного часа тушения пожара:

$$W_{\text{з.р.}} = 10^3(10{,}8 \times Q_{\text{п.к.}} + 3{,}6 \times Q_{\text{уст}}) \qquad (3.1)$$

где $W_{з.р}$ - объем воды запасного резервуара, м^3; $Q_{п.к}$ - расход воды пожарных кранов, м^3/с; $Q_{уст}$ - расход воды установок пожаротушения, м^3/с.

Если городской водопровод может обеспечить работу пожарных кранов, спринклерных и дренчерных установок при максимальном хозяйственно-питьевом водопотреблении, то внутренний водопровод допускается устраивать объединенным. Однако в этом случае независимо от количества пожарных кранов питание водопроводных сетей, учитывая работу спринклерных и дренчерных установок, должно осуществляться по двум вводам, присоединенным к наружной кольцевой водопроводной сети. Каждый ввод рассчитывается на одновременный пропуск пожарного и максимального хозяйственно-питьевого расхода. Магистральные сети внутренних водопроводов театра прокладываются кольцевыми с установкой на них ремонтных задвижек таким образом, чтобы при аварии отключалось не более двух пожарных стояков.

Ремонтные задвижки (вентили) устанавливаются и у основания тех пожарных стояков, которые имеют три и более пожарных крана.

Пожарные краны во всех помещениях театра, а также в производственных помещениях и резервных складах, размещаемых в отдельном корпусе на участке здания театра, должны располагаться таким образом, чтобы каждая точка помещений орошалась двумя компактными струями. Однако учитывая значительную высоту сцены, допускается у кранов, расположенных на планшете сцены, поддерживать напор, необходимый для создания пожарных струй производительностью не менее 5×10^{-3} м^3/с каждая с высотой компактной части, на 2 м перекрывающей колосники сцены. При этом на планшете колосниковой сцены при его площади до 500 м^2 должно быть установлено не менее трех пожарных кранов, а при большей площади не менее четырех пожарных кранов. На каждой рабочей галерее и колосниках устанавливаются по два пожарных крана, по одному с правой и левой стороны сцены.

Для удобства пользования пожарными кранами их целесообразно устанавливать у входов на сцену, в коридорах, у входов в рабочие галереи, а также в прилегающих к сцене лестничных клетках. При наличии закрытых лестничных клеток, ведущих к рабочим галереям, необходимо предусматривать установку пожарных кранов и в них. Для орошения зрительного зала пожарные краны рекомендуется устанавливать у входов в партер, амфитеатр, на ярусы зрительного зала, а также у входов в чердачное помещение при наличии сгораемого подвесного перекрытия над зрительным залом. Для оборудования внутренней водопроводной сети применяются:

а) пожарные краны диаметром 65 мм с непрорезиненными рукавами длиной 10 м и стволами с насадками диаметром 19 мм - при установке их на планшете сцены;

б) пожарные краны диаметром 50 мм с непрорезиненными рукавами длиной 10 м и стволами с насадками диаметром 16 мм - при установке их на колосниках и рабочих галереях.

в) пожарные краны диаметром 50 мм с непрорезиненными рукавами длиной 20 м и стволами с насадками диаметром 16 мм - при установке их во всех других помещениях;

Суммарный расчетный расход воды, подачу которого должна обеспечить насосная станция, принимается большим из двух случаев работы средств внутреннего пожаротушения:

а) работы спринклеров сцены с расходом $Q_{сп} = 30\times10^{-3}$ м^3/с при площади сцены до 500 м^2 и $Q_{сп} = 50\times10^{-3}$ м^3/с при площади сцены 500 м^3 и более, работы двух пожарных кранов на планшете сцены с общим расходом $Q_{крсц}$ не менее 10×10^{-3} м^3/с и двух кранов на верхних рабочих галереях с общим расходом $Q_{кр.г}$ не менее 5×10^{-3} м^3/с, а также работы секции дренчеров портала сцены с расходом $Q_{др.п}$, т.е.

$$Q_{пож} = Q_{сп.сц} + Q_{кр.сц} + Q_{кр.г} + Q_{др.п} \qquad (3.2)$$

б) работы всех дренчеров под колосниками сцены с расходом $Q_{др.к}$ и под нижним ярусом рабочих галерей с расходом $Q_{др.г}$ работы двух кранов планшета сцены с общим расходом $Q_{кр.сц}$ не менее 10×10^{-3} м^3/с и двух кранов на верхних рабочих галереях с общим расходом $Q_{кр.г}$ не менее 5×10^{-3} м^3/с, а также работы секции дренчеров портала сцены с расходом $Q_{др.п}$, т.е.

$$Q_{пож} = Q_{др.к} + Q_{др.г} + Q_{кр.сц} + Q_{кр.г} + Q_{др.п} \qquad (3.3)$$

Насосные станции в театрах устраиваются по схеме насосных с пневмобаками (рис. 9). Пожарные насосы должны иметь 100-процентный резерв.

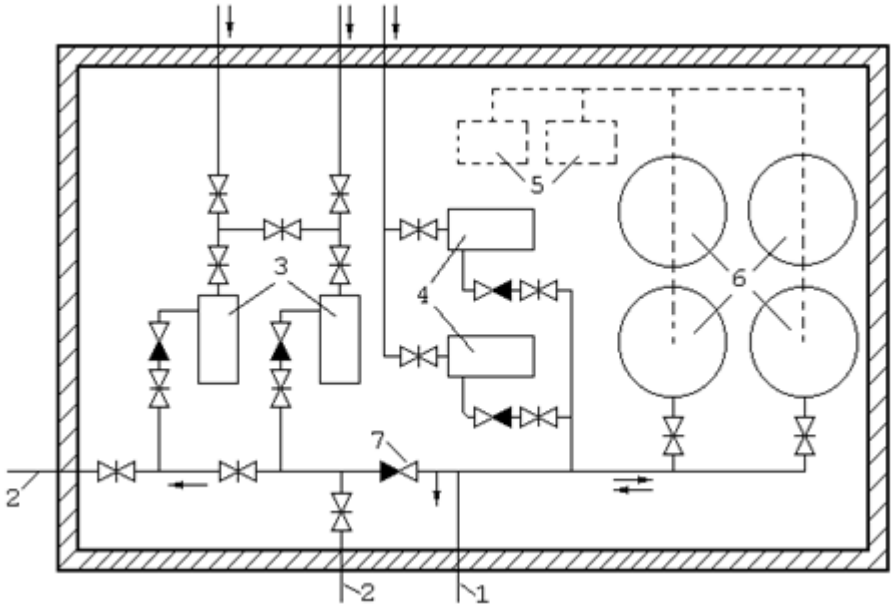


Рис. 3.1. Насосная станция с пневмооборудованием:
1 - хозяйственный водопровод; *2* - пожарный водопровод;
3 - пожарные насосы; *4* - хозяйственные насосы; *5* - компрессор;
6 - пневмобаки; *7* - обратный клапан

Пуск насосов должен быть автоматическим и дистанционным от кнопок, установленных в помещении пожарного поста, насосной и на планшете сцены.

Для клубов с эстрадами и зрительным залом до 300 мест пуск пожарных насосов допускается принимать с ручным и дистанционным управлением.

Для резервирования питания внутренних сетей от пожарных автомобилей напорную линию (между насосами и распределительной гребенкой) оборудуют двумя выведенными наружу патрубками диаметром 77 мм.

Задачи для самостоятельного решения

1. Определить расход воды в объединенном водопроводе для целей пожаротушения, если в населенном пункте проживает 18 тыс. чел., здания трехэтажные, а предприятие занимает площадь менее 150 га, имеет цех объемом 25 тыс. м^3, расположенный в здании II степени огнестойкости, категория В. Предприятие находится в пределах населенного пункта.

2. Определить нормативный расход воды на пожаротушение для объединенного водопровода населенного пункта с пятиэтажной застройкой с числом жителей $14 \cdot 10^3$ чел. и предприятия II степени огнестойкости, категории Б, объемом $48 \cdot 10^3$ м^3, шириной менее 60 м, площадью 72 га, расположенного вне населенного пункта.

Контрольные вопросы

1. Методика определения расходов воды для целей пожаротушения на предприятиях и населенных пунктов.
2. Обоснование пожарных расходов воды.
3. Назначение, виды, устройство, классификация внутренних водопроводов.
4. В каких зданиях устройство внутренних противопожарных водопроводов обязательно и в каких они не предусматриваются.
5. Схемы внутренних водопроводов в зависимости от напора в наружной водопроводной сети.
6. Нормы расходов воды на внутреннее пожаротушение в зданиях различного назначения.
7. Определение необходимого напора у внутренних пожарных кранов.
8. Определение напора на вводе в здание. Из каких величин он складывается.
9. Методика определения требуемых напоров и расходов воды у внутренних пожарных кранов.

ТЕМА 4 Мероприятия по повышению работоспособности и надежности систем противопожарного водоснабжения

Вопросы для самостоятельной подготовки

Параллельная работа насосов при подаче воды на лафетные стволы. Схемы подачи воды и их анализ. Расчет насосно-рукавных систем с лафетными стволами. Схемы подачи воды и расчет насосно-рукавных систем при использовании гидроэлеваторов.

Параллельная работа насосов (подача воды на лафетные стволы)

Параллельная работа насосов (подача воды на лафетные стволы) применяется в тех случаях, когда подача одного насоса меньше расхода воды, требуемого по условиям тушения пожара. В пожарной практике такая необходимость возникает при крупных пожарах, например, при тушении газовых и нефтяных фонтанов, лесобирж и т.д.

В зависимости от расхода воды на пожаротушение и дальности ее подачи применяют следующие схемы параллельной работы насосов (рис.4.1).

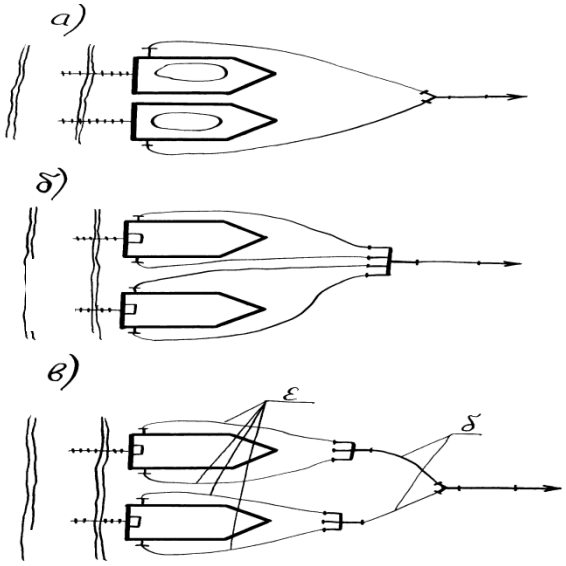


Рисунок 4.1. Схема подачи воды на лафетные стволы:

а – по одной рукавной линии; *б* – по двум рукавным линиям от каждого насоса; *в* – по рабочим и магистральным линиям; ε – магистральные линии; δ – рабочие линии.

К основным задачам расчета насосно – рукавных систем, обеспечивающих работу лафетных стволов, относится определение:

1. Подачи каждого из *К* работающих насосов, $Q_{\text{н}}$, при заданной рукавной системе.

2. Максимального расхода из лафетного ствола, $Q_{\text{ств}}$, при *К* работающих насосов.

3. Количества параллельно работающих на ствол насосов *К*.

В основе решения поставленных задач положено равенство

$$H_{\text{н}} = h_{\text{с}} + z, \tag{4.1}$$

где z – высота превышения (по вертикали) лафетного ствола над насосами.

С учетом того, что через рукавную систему проходит расход воды, равный расходу через лафетный ствол ($Q_{\text{ств}} = KQ_{\text{н}}$), можно выражение 1.18 записать в виде:

$$a - bQ_{\text{н}}^2 = S_c(KQ_{\text{н}})^2 + z. \tag{4.2}$$

Сопротивление системы в случае, если от каждого насоса проложено по одной рукавной линии к лафетному стволу, составит

$$S_c = \frac{1}{(\frac{1}{\sqrt{n_1 S_1}} + \frac{1}{\sqrt{n_2 S_2}} + \frac{1}{\sqrt{n_3 S_3}})^2}, \tag{4.3}$$

а при условии, что $n_1 = n_2 = .. = n_{\text{к}}$, $S_1 = S_2 .. = S_{\text{к}}$,

$$S_{\text{с}} = \frac{n_1 S_1}{K^2} + S_{\text{ств}}. \quad (4.4)$$

Для насосно – рукавной системы, в которой от каждого насоса проложено по две одинаковые рукавные линии, сопротивление определяется как

$$S_c = \frac{1}{(\frac{1}{\sqrt{n_1 S_1}})^2} + S_{\text{ств}} = \frac{n_1 S_1}{4K^2} + S_{\text{ств}} \quad (4.5)$$

Таким образом, зная значение сопротивления системы и подставляя его в выражение (1.18), можно определить подачу каждого насоса, которая составит:

при прокладке от каждого насоса по одной рукавной линии

$$Q_{\text{н}}^I = \sqrt{\frac{a-z}{n_1 S_1 + S_{\text{ств}} K^2 + b}} \quad (4.6)$$

при прокладке от каждого насоса по двум рукавным линиям

$$Q_{\text{н}}^{II} = \sqrt{\frac{a-z}{n_1 S_1 + S_{\text{ств}} K^2 + b}} \quad (4.7)$$

Из выражений (1.23) и (1.24) видно, что с увеличением числа работающих на лафетный ствол насосов подача каждого насоса уменьшается.

Учитывая, что расход воды на лафетный ствол составляет $Q_{\text{ств}} = K Q_{\text{н}}$, при известном числе параллельно работающих насосов его можно определить как

$$Q_{\text{н}}^I = K \sqrt{\frac{a-z}{n_1 S_1 + S_{\text{ств}} K^2 + b}} \quad (4.8)$$

для схемы с подачей воды по одной рукавной линии от каждого насоса и

$$Q_{\text{н}}^{II} = K \sqrt{\frac{a-z}{n_1 S_1 / 4 + S_{\text{ств}} K^2 + b}} \quad (4.9)$$

для схемы с подачей воды по двум рукавным линиям от каждого насоса.

Для обеспечения необходимого расхода воды через лафетный ствол при прокладке от каждого насоса по одной рукавной линии количество параллельно работающих насосов составит

$$K^I = Q_{\text{ств}}\sqrt{\frac{b+n_1 S_1}{a-z-S_{\text{ств}}Q_{\text{ств}}^2}}, \qquad (4.10)$$

а по двум рукавным линиям

$$K^{II} = Q_{\text{ств}}\sqrt{\frac{b+\frac{n_1 S_1}{4}}{a-z-S_{\text{ств}}Q_{\text{ств}}^2}}. \qquad (4.11)$$

Для расчета таких насосно – рукавных систем используются полученные выше зависимости, а сопротивление системы определяется по формуле

$$S_{\text{С}} = \frac{n_{\text{Р}}S_{\text{Р}}}{\delta^2} + \frac{n_{\text{М}}S_{\text{М}}}{\varepsilon^2} + S_{\text{СТВ}}, \qquad (4.12)$$

где $n_{\text{р}}$, $n_{\text{м}}$ – число рукавов в рабочих магистральных линиях; $S_{\text{р}}$, $S_{\text{м}}$ – сопротивления одного рабочего и магистрального рукавов соответственно; δ – число рабочих линий; ε – число магистральных линий.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Определить напор на насосе пожарной автоцистерны, если расстояние от места пожара до водоисточника 80 м. Диаметр рукавов d = 66 мм. На тушение подан ствол с диаметром насадка $d_{\text{Н}}$ = 13 мм. Высота подъема ствола составляет Z = 14 м, Q = 3,7 л/с.

2. Определить максимальный расход пожарного лафетного ствола с диаметром насадка 32 мм. Если вода подаётся на расстояние 60 метров от двух АЦ-3,0-40 по двум прорезиненным рукавным линиям диаметром 77 мм. Ствол расположен на одном уровне с насосами пожарных автомобилей.

3. Определить расстояние между АН-2,5-40, работающими в перекачку, если головной насос по условиям тушения пожара должен обеспечить подачу воды с расходом Q = 22 л/с; между насосами проложены две линии из прорезиненных рукавов диаметрами d_1, d_2 = 66 мм; превышение одного насоса над другим Z = 3 м. Коэффициент режима работы насосов α = 0,75.

4. Определить количество пожарных автомобилей работающих в перекачку если расстояние от водоисточника до головного автомобиля установленного у места возникновения пожара 1200 м. Перекачка осуществляется по пересеченной местности из насоса в насос по одной

рукавной линии. Разница отметок между водоисточником и головным автомобилем 14 м. Диаметр рукавов по которым осуществляется перекачка 77 мм. На тушение пожара необходимо подать 2 ствола с диаметрами насадков 16 мм. Радиус действия компактной части от ручных пожарных стволов должен быть равен 17 м. Изобразить схему перекачки.

5. Обеспечит ли АЦ-2,5-40 работу насосно-рукавной системы, если огнетушащее вещество подаётся по магистральной линии длиной 100 м, рукавам диаметром 77 мм. (рукава прорезиненные), и по трем рабочим рукавным линиям длинной 80 м. каждая с диаметрами рукавов 66 мм. (рукава прорезиненные) к трем стволам с диаметрами насадков 16 мм. Стволы подняты на высоту 6 м.

6. Определить количество АЦ-2,0-40 для подачи от лафетного ствола с диаметром насадка 25 мм., струи с радиусом действия компактной части струи 28 м. по двум прорезиненным рукавным линиям диаметром 66 мм.

Контрольные вопросы

1. Что называется насосно-рукавной системой.
2. Условие, необходимое для успешной работы насосно-рукавной системы.
3. Формулы для определения необходимого напора у насоса при последовательном, параллельном и смешанном соединениях элементов .
4. Последовательная работа автонасосов на пожаре: способы перекачки воды, их сравнительная характеристика, основные задачи расчета.
5. Параллельная работа автонасосов на пожаре: способы и расчет подачи воды к лафетным стволам.
6. Схемы подачи воды и расчет насосно-рукавных систем при использовании гидроэлеваторов.

Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Гидравлика и противопожарное водоснабжение / Ю. Г. Абросимов, А. И. Иванов. - М. : АГПС МЧС России, 2003. - 392 с.

2. Внутренний противопожарный водопровод : учебно-метод. пособие / Л. М. Мешман, В. А. Былинкин {и др.}; ред. Н. П. Копылов. - М. : ВНИИПО, 2010. - 496 с.

3. Карама, Е. А. Противопожарное водоснабжение : метод. указания и задания по выполнению курсового проекта / Е. А. Карама, С. А. Бараковских. - Екатеринбург : УрИ ГПС МЧС России, 2015. - 84 с.

4. Карама, Е. А. Сборник профессионально ориентированных учебно-творческих задач по гидравлике и противопожарному водоснабжению / Е. А. Карама. - Екатеринбург : УрИ ГПС МЧС России, 2011. - 104 с. (гриф).

5. Свод правил СП 8.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Наружное противопожарное водоснабжение. Требования пожарной безопасности».

6. Свод правил СП 10.13130.2020 Системы противопожарной защиты Внутренний противопожарный водопровод. Нормы и правила проектирования.

7. Бараковских, С. А. Противопожарное водоснабжение в сельской местности : учеб. пособие / С. А. Бараковских, Е. А. Карама, П. В. Арканов. - Екатеринбург : УрИ ГПС МЧС России, 2014. - 79 с.

8. Электронный учебник «Электронный помощник в решении пожарно-тактических задач» / С.А. Бараковских, Е.А. Карама, С.Л. Харько – Екатеринбург: ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России, 2015 г.