

**М. Б. ЗАХАРЕВИЧ, А. Н. КИМ,
А. Ю. МАРТЬЯНОВА**

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ
СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ
НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ
БЕЗОПАСНЫХ ФОРМ ОРГАНИЗАЦИИ
ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ И СТРОИТЕЛЬСТВА**



Санкт-Петербург
2011

Министерство образования и науки
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет

**М. Б. ЗАХАРЕВИЧ, А. Н. КИМ,
А. Ю. МАРТЬЯНОВА**

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ
СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ
НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ БЕЗОПАСНЫХ
ФОРМ ОРГАНИЗАЦИИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ
И СТРОИТЕЛЬСТВА**

Учебное пособие

Санкт-Петербург
2011

Рецензенты: доктор техн. наук, профессор О. А. Продоус (ЗАО «Инженеры-консультанты»);
доцент Е. Д. Елагин (СПбГАСУ)

Захаревич, М. Б.

Повышение надежности работы систем водоснабжения на основе внедрения безопасных форм организации их эксплуатации и строительства: учеб. пособие / М. Б. Захаревич, А. Н. Ким, А. Ю. Мартыанова; СПбГАСУ. – СПб., 2011. – 62 с.

ISBN 978-5-9227-0316-1

Представлен анализ отказов и нарушений на примере системы водоснабжения Санкт-Петербурга, определены правила и нормы, отражающие современные формы обеспечения безопасности производственной деятельности в отрасли водоснабжения. Приведены методики определения фактического технического состояния водопроводных сетей и насосного оборудования с примером практических исследований, особенности проектирования и монтажа водопроводных систем, основные понятия о Генеральных схемах водоснабжения для планирования проектов развития, а также вопросы выбора материалов труб для проектирования и строительства водопроводных сетей с указанием некоторых современных методов их строительства и ремонта.

Предназначено для студентов специальностей 280101 – безопасность жизнедеятельности в техносфере и 270112 – водоснабжения и водоотведения всех форм обучения; также рекомендуется инженерам, специалистам в области водоснабжения, при подготовке инструкций по эксплуатации сетей и оборудования систем и при разработке специализированных разделов проектов водообеспечения.

Табл. 6. Ил. 15. Библиогр.: 40 назв.

Рекомендовано Редакционно-издательским советом СПбГАСУ в качестве учебного пособия.

© М. Б. Захаревич, А. Н. Ким, А. Ю. Мартыанова, 2011

© Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2011

ISBN 978-5-9227-0316-1

Данное пособие является основой новой учебной дисциплины, предназначенной для изучения вопросов обеспечения безопасности и надежности систем коммунального и производственного водоснабжения населенных территорий и отдельных объектов при их эксплуатации, проектировании и строительстве.

Низкое техническое состояние сетей и сооружений систем водоснабжения часто приводит к отказам и нарушениям в их работе, снижению надежности и качества обеспечения питьевой водой. Такая ситуация ведет к необходимости повышения требований к надежности работы систем коммунального водоснабжения в целях обеспечения населения высококачественной водой по нормам действующих государственных стандартов и вообще требует принятия неотложных мер. Учет предлагаемых в пособии мероприятий и внедрение безопасных форм организации эксплуатации и строительства сетей и сооружений систем водоснабжения позволят стабилизировать их работу и обеспечить снабжение (в первую очередь населения) высококачественной питьевой водой.

Изучение данного пособия поможет студентам разобраться в обеспечении безопасности и надежности систем коммунального и производственного водоснабжения населенных территорий и отдельных объектов.

Учебное пособие состоит из двух частей.

В первой части отражены вопросы по проблемам эксплуатационной деятельности в современных условиях. В ней освещены анализ и вид отказов систем водоснабжения, анализ требований и правил по нормированию эксплуатационных мероприятий для систем водоснабжения, рекомендации по мероприятиям для обеспечения безопасной и надежной эксплуатации элементов, отдельных узлов и оборудования системы водоснабжения.

Во второй части пособия описаны требования и правила по нормированию мероприятий по безопасности систем водоснабжения, применяемых при разработке проектных решений и выполнении строительных работ по их реализации. Она дополняет основную часть, связанную с эксплуатацией систем водоснабжения и является перспективной для дальнейшего развития рассматриваемой учебной дисциплины.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время во всех сферах жизнедеятельности всё большее внимание уделяется вопросам обеспечения безопасности процессов производства. Общее понятие безопасности жизнеобеспечения, особенно в связанных с ней производственных сферах деятельности, представлено в таблице, где показаны состав обеспечения безопасности и цель внедрения соответствующих мероприятий.

Безопасность	Обеспечение	– требования техники безопасности – нормирование – организация производства – технические средства – автоматизация производства и отдельных процессов – контроль над производством – инновационные решения	Конечная цель: обеспечение безопасности и стабильности производственной деятельности
--------------	-------------	--	--

На основе общего понятия «безопасность жизнеобеспечения» выполнена научно-практическая разработка в форме учебно-методического пособия, которая предназначена для обеспечения составляющих безопасности производственных процессов эксплуатации, реконструкции и нового строительства одной из важнейших сфер жизнедеятельности. К ней относятся системы водоснабжения крупных и малых городов, населенных пунктов отраслевого значения, территории промышленных объектов.

Авторы разработки учебно-методического пособия предлагают **целевой алгоритм** зависимости функционирования системы водоснабжения от внедрения соответствующих мероприятий по безопасности.

С помощью **целевого алгоритма** создается обоснованный перечень мер по обеспечению безопасной и стабильной работы всех элементов систем водоснабжения. В первую очередь это меры, направленные на комплексное изучение существующей ситуации. За последние 10–20 лет произошли существенные изменения действующих норм и правил. Они связаны с проектированием, строительством и эксплуатацией систем водоснабжения, в которых важное место занимают меры безопасной организации выполнения этих норм.

Основные этапы выполнения предварительных мер для подготовки конкретного комплекса мероприятий по обеспечению безопасной и стабильной работы рассматриваемой системы водоснабжения

- *Сравнительный анализ отказов и нарушений в работе систем водоснабжения.* Проведение такого анализа позволит установить, какие элементы сетей и сооружений систем водоснабжения наиболее подвержены нарушениям в процессе их работы, и определить совокупность причин, их вызывающих.

- *Анализ требований и правил по нормированию эксплуатационных мероприятий для систем водоснабжения.* Как правило, эти требования хорошо развиты и находят эффективное применение на региональном уровне. Каждый элемент системы водоснабжения в части обеспечения его эксплуатационными мероприятиями нормируется самостоятельно. Но на практике некоторые элементы системы водоснабжения тесно связаны между собой, например комплекс подачи воды (насосные станции и подстанции) и ее транспортирование и распределение (магистральные и распределительные сети), а также взаимодействие технологических регламентов и режимов на сооружениях очистки природных вод.

- *Анализ нормативных мероприятий при проектировании, строительстве или реконструкции сетей и сооружений водоснабжения.* Строгое соблюдение нормативных решений и установочных правил, заложенных в проект, при выполнении строительно-монтажных работ, может стать гарантией качественной работы водопроводных сетей и сооружений. Выполнение этих требований приводит к сокращению и даже исключению отказов в режиме работы комплекса сооружений системы водоснабжения, повышая эксплуатационную надежность.

- *Основные положения и мероприятия по обеспечению безопасности эксплуатационной деятельности в водопроводном хозяйстве.* Меры безопасности, направленные на выполнение практических эксплуатационных мероприятий, создают хорошие условия для правильного содержания сетей и сооружений водоснабжения, осуществления быстрого и качественного выполнения ремонтно-восстановительных работ. Организация и проведение постоянного регламентного контроля за режимами работы

очистных водопроводных сооружений, насосных станций, системами подачи и распределения воды обеспечивает соблюдение установленных мер безопасности и, следовательно, надежность эксплуатации систем водоснабжения.

• *Основные положения и мероприятия по организации безопасности при реконструкции и строительстве систем водоснабжения.* При реализации проектных решений по реконструкции и строительству сетей или сооружений водоснабжения особое внимание всегда уделялось строгому следованию требованиям техники безопасности при выполнении строительно-монтажных и пусконаладочных работ. Вопросы соблюдения требований техники безопасности остаются актуальными и в наше время. Но одновременно создаются мероприятия по организации безопасности для развития элементов системы водоснабжения.

Выполнение указанных этапов даст возможность определить четкую техническую политику современных методов повышения безопасной и надежной работы сетей и сооружений в водопроводном хозяйстве. Некоторые из основных направлений на начальном этапе можно сформулировать так:

- обеспечение непрерывного и достоверного контроля заданных параметров работы сетей и сооружений, а также установленных технологических режимов;
- проведение работ по нормативной профилактике сетей и сооружений;
- соблюдение периодичности исследований фактического технического состояния сетей и сооружений.

Часть I. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Глава 1. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОТКАЗОВ И НАРУШЕНИЙ В РАБОТЕ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

1.1. Водопроводные сети и сооружения

Срок эксплуатации водопроводных сетей [13], являющихся основным элементом систем водоснабжения, для большинства городов России составляет более 40–50 лет. Это говорит о том, что они выработали свой технически допустимый амортизационный срок, гарантирующий их надежную эксплуатацию. В результате физического износа трубопроводов и арматуры ежегодно имеет место тенденция увеличения количества прорывов, отключений и аварий, а следовательно и потерь воды.

Как показывает практика, особые сложности создают аварии на главных магистральных сетях систем водоснабжения, которые приводят к серьезным техногенным последствиям, на длительное время нарушающим водоснабжение части территорий города, оставляя без воды население.

Основные факторы, влияющие на техническое состояние водопроводных сетей и сооружений, представлены на рис. 1.

Значительное негативное влияние на техническое состояние водопроводных сетей и сооружений на них оказывают выполнение строительства и ремонт дорог с отклонением от проектных решений. Увеличение динамических нагрузок на водопроводную линию или сооружение в сочетании с нарушениями требований по их прокладке приводит к возникновению аварийных ситуаций. В соответствии с нормами [9] с 1989 г. запрещена прокладка водопровода из металлических труб без внутреннего антикоррозийного покрытия, но это требование практически выполняется только последние 5–7 лет. Необходимо в процессе эксплуатации

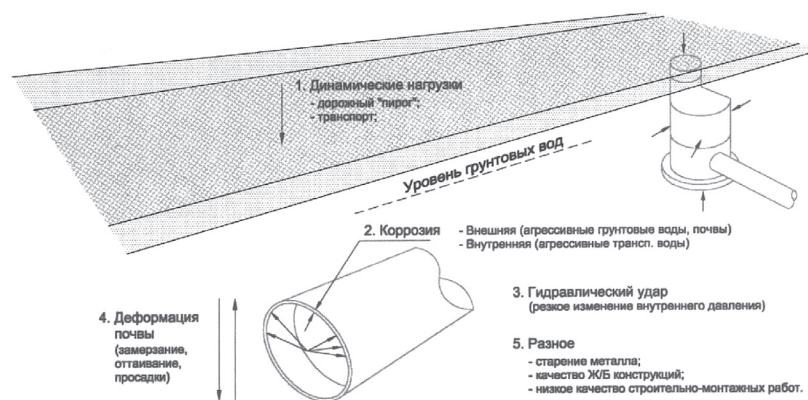


Рис. 1. Факторы, влияющие на техническое состояние и конструкционные изменения трубопроводов и сооружений

водопроводных сетей и сооружений учитывать эти факторы и принимать меры по их устранению, а также других указанных факторов, влияющих на техническое состояние водопроводных сетей и сооружений на них.

Для оценки нарушений в работе сетей водопровода Санкт-Петербурга проведен статистический анализ более 3000 аварий (рис. 2, 3) [6], который показал, что 77 % из них приходится на чугунные трубы, составляющие 2/3 всей длины трубопроводных сетей, причем 41 % связан с разрывом швов и 44 % – с деформацией почвы.

Нарушения сварных швов наиболее часты (36 % от всех аварий); разломы (21 %) и отверстия (17 %) занимают второе и третье места.

Анализ причин аварий на трубопроводах показал, что причиной разрывов швов (см. рис. 3) в большинстве случаев (79 %) является гидравлический удар, а причиной образования сквозных отверстий (рис. 4) – коррозия материала труб (85 %). В то же время основной причиной разломов (рис. 5) (73 %) и трещин (рис. 6) (57 %) в трубопроводах явилась деформация почвы.

Анализ повреждений, связанных с гидравлическим ударом (рис. 7), показал, что в основном аварии этого вида происходят на трубопроводах малого (до 300 мм) диаметра, т. е. там, где уложены чугунные и стальные трубы. Согласно статистическим дан-

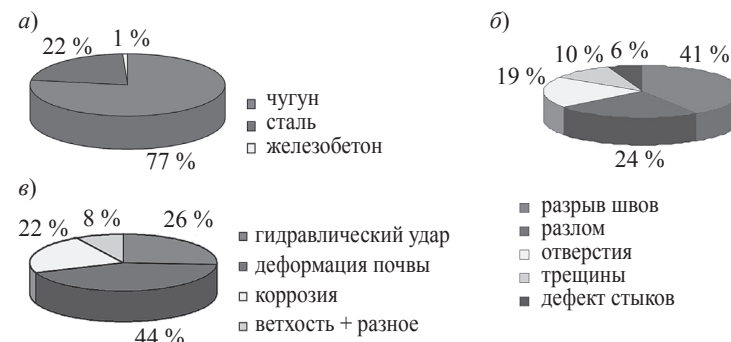


Рис. 2. Статистический анализ аварий на водопроводных сетях: а – по материалам; б – по видам аварий; в – по причинам других аварий

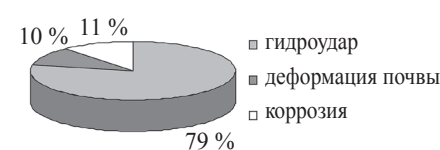


Рис. 3. Разрывы швов

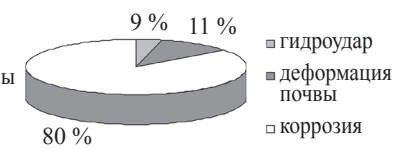


Рис. 4. Сквозные отверстия



Рис. 5. Разломы

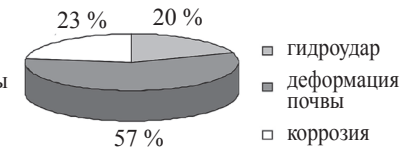


Рис. 6. Трещины

ным, аварии на трубах большого диаметра (1000–1200 мм) происходят реже, чем на трубах среднего диаметра, применяемых в системе распределения воды Санкт-Петербурга. Тем не менее аварии на трубах большого диаметра, наносят большой ущерб безопасности работы системе водоснабжения. Повреждения дорожных покрытий, размывы объемных котлованов, ущерб рядом проходящим инженерным коммуникациям, большие потери воды создают дополнительные сложности в локализации поврежденных участков и приводят к нарушению водоснабжения. Как правило, эксплуатационные сроки восстановления таких трубопроводов не выдерживаются.

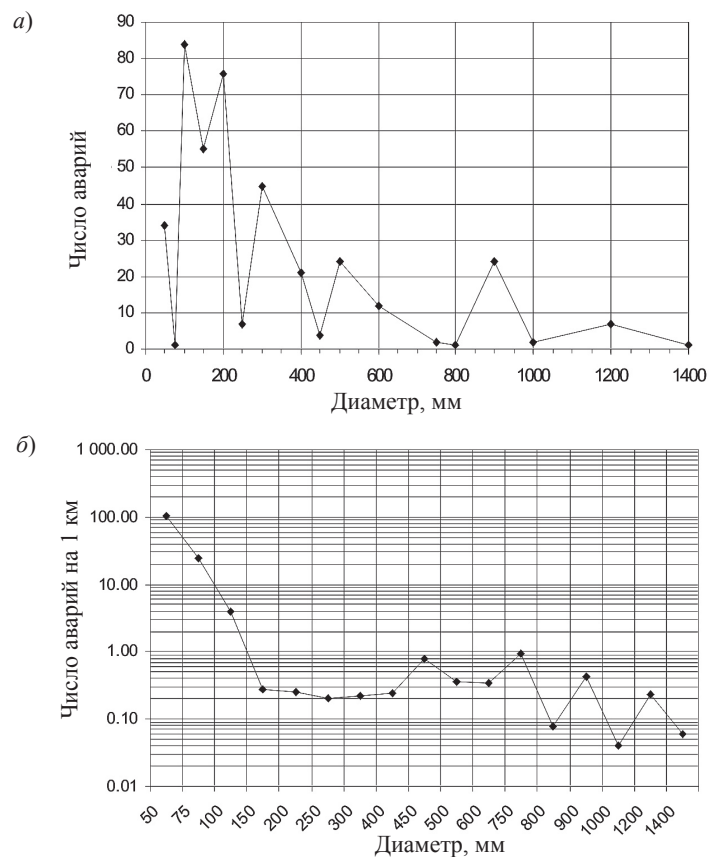


Рис. 7. Распределение по диаметрам трубопроводов аварий, вызванных гидроударами: *а* – общее число аварий; *б* – число аварий на 1 км трубопровода

Из повреждений, связанных с коррозией материала труб, основная часть приходится на стальные трубы, проложенные более 20 лет назад (рис. 8) (наибольшее число повреждений на 1 км трубопровода).

Следует отметить, что трубопроводы, уложенные в период 1971–1985 гг., являются менее прочными, что, по-видимому, связано как с качеством материала, так и с условиями проведения работ. Статистических данных об авариях на трубах из полиэтилена нет, поэтому в данном анализе они не рассматриваются. За

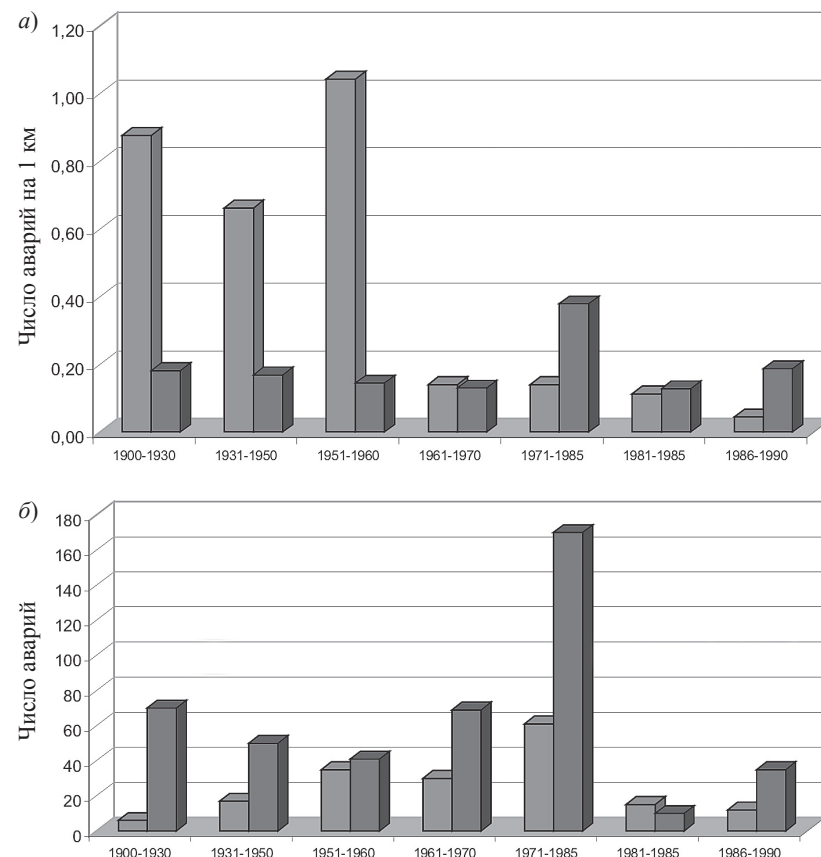


Рис. 8. Распределение по диаметрам трубопроводов аварий, вызванных коррозией: *а* – число аварий на 1 км трубопровода; *б* – общее число аварий; ■ – стальные трубопроводы; ■ – чугунные трубопроводы

последние девять лет известно пять случаев повреждений, возникших в соединительных муфтах (полиэтилен – металл).

1.2. Водоочистные сооружения и системы подачи воды

Как показывает анализ материалов [12, 13], характеризующих работу сооружений водоподготовки Санкт-Петербурга, многие из нарушений зависели в первую очередь от изменений

качества воды в источниках водоснабжения. Так, практически ежегодно в периоды интенсивного таяния снегов (весенних паводков) притоки Ладожского озера, р. Невы приносят к водозаборам значительные дополнительные загрязнения разного происхождения. Второй период, приводящий к ухудшению качества воды в источнике водоснабжения, – это осенние нагонные ветры со стороны Балтийского моря и штормовые явления в мелководной зоне Ладожского озера в районе устья р. Невы. Безусловно, строящаяся в Финском заливе в створе о. Котлин защитная дамба от наводнений снизит влияние нагонных ветров на границе р. Нева – Финский залив. Но осенние шторма на Ладожском озере по-прежнему будут сбрасывать с мелководья в устье Невы накапливающуюся в озере в результате отстаивания мелкодисперсную взвесь, которую р. Нева принесет на водоочистные сооружения города. Эти явления требуют резкого снижения объемов забора воды, а значит и производительности действующих водопроводных сооружений, что приводит к нарушению условий и качества водоснабжения в целом. За период с 1985 г. по 2001 г. эти нарушения носили кратковременный характер (табл. 1).

Как видно из указанной таблицы, с 1985 по 1994 г. имел место дефицит мощности головных сооружений водоснабжения, что также не позволяло стабильно обеспечивать питьевой водой город, особенно в указанные выше периоды. В 1993–1994 гг. эксплуатирующей и головной проектной организациями водоснабжения с учетом объективных причин был выполнен повторный перерасчет мощности головных водоочистных сооружений, которая была уменьшена до 2600 тыс. м³/сут. В период с 1995 по 2001 г. произошло значительное уменьшение фактического водопотребления на промышленные нужды. В результате этого среднесуточная подача воды достигла величины 2400 тыс. м³/сут. Несмотря на уменьшение водопотребления, качество воды, подаваемой в городскую водопроводную сеть, в периоды, связанные с природными явлениями, обеспечивалось в лучшем случае в соответствии с Государственным стандартом ГОСТ 2874–82 «Вода питьевая» (с дополнениями и изменениями 1995 г.).

Изменения водопотребления происходили и в системах водоснабжения пригородных районов Санкт-Петербурга.

Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.4.559–96 (вступили в силу в 1998 г.) выполняются только с 2008 г.

Таблица 1

Среднесуточная подача воды

Наименование территории	Источник	1985 г., тыс. м ³ / сут	1990 г., тыс. м ³ / сут	1995 г., тыс. м ³ / сут	2000 г., тыс. м ³ / сут	2001 г., тыс. м ³ / сут	2011 г., тыс. м ³ / сут
Санкт-Петербург	Р. Нева	3361 (утвержденная мощность подачи воды 3165)	3204 (утвержденная мощность подачи воды 2960)	2933 (утвержденная мощность подачи воды 2400)	2481 (утвержденная мощность подачи воды 2400)	2630 (утвержденная мощность подачи воды 2500)	2600 (утвержденная мощность подачи воды 2650)
Курортный район	Поверхностный источник водоснабжения Подземный источник Из городского водопровода	Нет данных То же «	5,2 12,0 23,5	1,2 11,7 27,5	0,3 8,1 35,0	0,3 8,0 37,0	
Колпинский район	Поверхностный источник водоснабжения Невский водопровод	73,2 26,5	61,2 47,0	119,1 0,0	225,6 0,0	228,3 0,0	
Пушкинский район, в том числе Красное Село	Подземный источник водоснабжения Невский водопровод Из городского водопровода	7,7 54,7 47,4	4,6 51,9 51,7	12,2 31,7 61,7	31,8 5,5 62,2	32,0 5,2 62,8	

Наименование территории	Источник	1985 г., тыс. м ³ / сут	1990 г., тыс. м ³ / сут	1995 г., тыс. м ³ / сут	2000 г., тыс. м ³ / сут	2001 г., тыс. м ³ / сут	2011 г., тыс. м ³ / сут
Ломоносов	Подземный источник водоснабжения Невский водопровод Из городского водопровода	6,0	6,5	12,2	18,9	19,2	
		9,0	9,0	14,7	6,9	6,5	
		2,9	8,7	8,2	7,0	7,0	
Петродворцовый район	Поверхностный источник водоснабжения Из городского водопровода	30,5	29,3	28,3	29,4	29,7	
		29,3	33,2	21,9	31,2	32,8	
Кронштадтский район	Поверхностный источник водоснабжения Подземный источник	24,0	22,2	20,1	10,8	10,6	
		25,0	21,5	23,4	27,0	27,9	

Другие причины отказов и нарушений в работе водопроводных сооружений и систем подачи воды связаны с техническим состоянием сооружений и оборудования.

Например, на Главной водопроводной станции: разрушение части резервуаров косой группы (1985 г.), остановка блока вертикальных отстойников из-за промерзания стен (1986 г.), остановка водозабора сифонного типа из-за попадания в приемную камеру мелкой рыбы (1989 г.).

На Южной водопроводной станции: затопление оборудования насосной станции 2-го подъема (3-е машинное отделение, 1991 г.) в связи с человеческим фактором.

Имели место отказы, связанные с остановкой насосных станций 2–4-го подъема из-за повреждения запорного и регулирующего оборудования, электроснабжающих устройств, управляющей аппаратуры, повреждений напорных трубопроводов внутри или на территории насосных станций. В основном это связано с несвоевременным проведением планово-профилактических ремонтов и обследований, нарушением эксплуатационных регламентов. За период с 1985 по 2001 г. зафиксировано более 900 отказов и нарушений в работе сооружений водоподготовки и подачи воды в распределительные сети [12].

Глава 2. АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ И ПРАВИЛ ПО НОРМИРОВАНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

По требованию заказчика-застройщика в состав документации на здания и сооружения должна дополнительно включаться инструкция по эксплуатации. Она должна содержать требования и положения, необходимые для обеспечения безопасности зданий и сооружений в процессе эксплуатации. Эти данные могут быть представлены в виде копий исполнительной документации [6].

Требования по нормированию эксплуатационной деятельности объектов водоснабжения достаточно хорошо разработаны и находят эффективное применение на региональном уровне. Каждый элемент системы водоснабжения в части обеспечения его эксплуатационными мероприятиями нормируется самостоятельно-

но. Но на практике некоторые элементы системы водоснабжения очень связаны между собой. Примером подобной связи могут служить комплекс подачи воды (насосные станции и подстанции) и ее транспортирование и распределение (магистральные и распределительные сети).

Эксплуатация централизованных систем водоснабжения и отдельных объектов последних может осуществляться организациями водопроводно-канализационного хозяйства на основе прав собственности, хозяйственного ведения, оперативного управления, а также на основе договоров аренды, концессии, доверительного управления, безвозмездного пользования и иных заключаемых в соответствии с законодательством договоров, предполагающих передачу организации водопроводно-канализационного хозяйства права владения и (или) пользования указанными объектами.

В данной главе рассматриваются требования и правила, которые устанавливают нормы эксплуатационной деятельности, обеспечивающие безопасность только непосредственно для сооружений забора воды и водоподготовки, оборудования подачи воды и распределительных сетей водоснабжения. Всегда нужно помнить, что в процессе создания условий для стабильной работы системы водоснабжения важную роль играют сопутствующие инженерные системы, такие как электроснабжение, теплоснабжение и вентиляция, транспорт и связь.

Базовыми документами как для нормирования проектирования систем водоснабжения, так и эксплуатационных норм являются СНиП 2.04.02.84 [5] и МДК 3-02.2001 «Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации» [6].

Целью указанных Правил является создание условий по обеспечению потребителей доброкачественной питьевой водой как одного из факторов санитарно-эпидемиологического благополучия, повышение эффективности, надежности и качества работы систем и сооружений коммунального водоснабжения, улучшение организации управления и безопасности эксплуатации этих систем, обеспечение энергоресурсосбережения.

Переработка ранее действующих «Правил технической эксплуатации» 1977 г. была проведена в связи с развитием науки и техники в области водоснабжения и канализации, совершенствованием процессов транспортирования, очистки природных и сточных вод,

обработки осадков, а также с учетом новых экономических отношений, Гражданского и Водного кодексов Российской Федерации, нового законодательства в области охраны окружающей среды и природопользования с учетом следующих положений и законов: «О сертификации продукции и услуг», «О лицензировании отдельных видов деятельности», «О стандартизации», «Об обеспечении единства измерений», «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», постановлений Правительства РФ: «О некоторых мерах, направленных на совершенствование систем обеспечения качества продукции и услуг» от 2 февраля 1998 г. № 113, а также рекомендаций Международных стандартов ИСО серии 9002, указания которых направлены на предупреждение поступления потребителю несоответствующей продукции.

Действующие Правила являются обязательными для предприятий ВКХ, обслуживающих население, независимо от их ведомственной принадлежности. Однако непосредственно эксплуатационная деятельность по обеспечению стабильной и безопасной работы водопроводных сетей и сооружений, обслуживающих население, должна осуществляться на основе региональных, местных или ведомственных правил, указаний, целевых инструкций, которые разрабатываются в соответствии с федеральными правилами [6]. Региональные, местные или ведомственные правила технической эксплуатации систем водоснабжения основаны и изложены в том же порядке и содержании, как и федеральные правила. В них аналогично предусмотрены требования по организации эксплуатационной деятельности, о постановочных целях и задачах, о рекомендациях по обеспечению выполнения мероприятий. Но эти правила значительно отличаются по структуре эксплуатационных требований из-за разного состава эксплуатируемых водопроводных сооружений, технологий водоподготовки, инженерных схем оборудования подачи питьевой воды, ее транспортирования и распределения, технического состояния отдельных систем и видов оборудования, объемов и состава реагентов и материалов. Указания, как правило, выпускаются администрацией ВКХ, в которых утверждается порядок выполнения или изменения включенных в «Правила технической эксплуатации» требований, проведения технологических исследований, технического перевооружения и других мер по совершенствованию эксплуатационной деятельности. Целевые инструкции устанавливают порядок конкретных действий эксплуатационного персонала по обслу-

живанию, выполнению планово-предупредительных ремонтов, устранению отказов и других недостатков в работе конкретных сооружений, оборудования, насосных агрегатов, трубопроводов и арматуры, а также выполнения требований техники безопасности при выполнении этих работ. Поэтому подготовку и корректировку целевых инструкций о порядке выполнения эксплуатационных требований осуществляют инженерно-технические специалисты производственно-технических и эксплуатационных служб.

Глава 3. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ВОДОПРОВОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Как следует из результатов сравнительного анализа отказов и нарушений в работе систем водоснабжения, выполненного на примере системы водообеспечения Санкт-Петербурга, положительного опыта по достижению стабильной уровня эксплуатации мало. Поэтому подготовка мероприятий по обеспечению безопасности эксплуатации водопроводных систем [6, 9] выполнена на основе рекомендаций действующих нормативных документов, указанных в главе 2 данного пособия.

Повышения эффективности, надежности и качества работы систем и сооружений коммунального водоснабжения и одновременно безопасности их эксплуатации можно достичь путем выполнения ряда целенаправленных мероприятий. Из основных мероприятий этого уровня можно выделить следующие:

- а) проведение паспортизации и инвентаризации сооружений, коммуникаций и оборудования водоснабжения;
- б) проведение оценки и контроля показателей надежности сетей, отдельных сооружений и оборудования водоснабжения;
- в) подготовку, содержание, корректировку и хранение технической и исполнительной документации сетей, отдельных сооружений и оборудования;
- г) проведение мероприятий по определению фактического технического состояния системы подачи и распределения воды, отдельных сооружений и оборудования.

В процессе организации эксплуатации систем водоснабжения, включающих сооружения по забору воды из источника, сооружения и сопутствующее оборудование водоподготовки, оборудование регулирования и подачи воды в распределительные сети, распределительные водопроводные сети и сооружения на них, важную роль играют вопросы их паспортизации и инвентаризационного учета. Паспорта сооружений, коммуникаций и оборудования водоснабжения разделяются на три вида.

Первый вид паспорта называется «Строительный паспорт...». Он составляется в процессе строительства и предпусковых испытаний объектов, включаемых в систему водоснабжения. Этот паспорт действует весь период эксплуатации объекта; в него вносятся изменения и дополнения после осуществления текущего (технологического) или капитального ремонта. При полной остановке объекта системы водоснабжения и вывода его из работы «Строительный паспорт» аннулируется.

Второй вид паспорта носит название «Паспорт изготовителя». Его прикладывает предприятие-изготовитель при поставке оборудования и материалов. Паспорт предназначен для всех типов насосов и электродвигателей, используемых на объектах водообеспечения, регулируемой и запорной арматуры, трубопроводов и их конструктивных элементов, оборудования электроснабжения, автоматизации и измерения технологических параметров, а также другого оборудования, используемого во всем цикле водоснабжения: от забора воды в источнике, ее очистки до подачи и распределения потребителям. Каждая партия химических реагентов, поставляемых для процесса водоподготовки, должна иметь сертификат соответствия завода-изготовителя.

В «Паспорт изготовителя» никаких изменений и дополнений не вносится. Капитальный ремонт оборудования должен осуществляться по согласованию или при участии представителей предприятий – изготовителей соответствующей номенклатуры этого оборудования. Как правило, после капитального ремонта оборудования проводятся его системные испытания и выдается новый соответствующий «Паспорт изготовителя».

Третий вид паспорта называется «Эксплуатационный паспорт...». Этот документ оформляется и ведется с момента начала эксплуатации каждого объекта: от забора воды (из источника водоснабжения, объектов комплекса водоподготовки с учетом оборудования реагентного хозяйства, объектов накопления за-

пасов и регулирования объемов воды, объектов подачи воды) в распределительные сети, распределительные магистральные и разводящие сети. В «Эксплуатационных паспортах» пообъектно фиксируется полная организационно-техническая информация о характеристике, назначении, составе оборудования, перечне сооружений и нестандартного оборудования, об инженерном обеспечении, текущих ремонтах, об отказах и авариях, о сроках и причинах их возникновения и порядке восстановления технической надежности. К этому документу прикладываются рабочие и технологические схемы, исполнительные чертежи, инструкции по эксплуатации и выполнению требований техники безопасности.

Проведение указанной паспортизации сооружений, коммуникаций и оборудования водоснабжения имеет важнейшее значение для обеспечения мер по повышению надежности эксплуатационной деятельности. Анализ статистической информации о работе системы водоснабжения, зафиксированной и постоянно обновляемой в паспортах в процессе эксплуатации, уже дает возможность предварительно оценить уровень технического состояния отдельных узлов и сооружений системы водоснабжения, установить особенно слабые места и принять неотложные меры по их устранению. При хорошей организации работы по управлению документами по паспортизации можно получать положительный результат, но это только одно небольшое мероприятие, направленное на повышение уровня безопасной эксплуатации систем водоснабжения.

Мероприятие по проведению оценки показателей надежности элементов системы водоснабжения и организация контроля за их выполнением [6] в основном отрабатывается на оборудовании, которое используется в той или иной системе водоснабжения. К этому оборудованию относятся оборудование и сопутствующее оснащение насосных станций, оборудование водозаборных сооружений, регулируемая и запорная арматура на сооружениях водоподготовки и распределения воды и другие виды оборудования. В первую очередь нужно определить, какие показатели характеризуют надежность работы того или иного оборудования. Для оценки этих показателей необходимо провести производственно-исследовательские работы, на основе результатов которых могут разрабатываться технические регламенты по эксплуатации этого оборудования. Регламенты устанавливают оптимальные параметры и режимы работы, определяют ежегодные графики проведения профилактических осмотров, планово-предупредительных и капитальных ремонтов,

а также организации контроля и анализа за выполнением включенных в регламент эксплуатационных действий.

Опыт проведения исследовательских работ и разработки эксплуатационных регламентов имеют ряд отраслевых организаций Санкт-Петербурга, Москвы и других городов России.

Подготовка, содержание, корректировка и хранение технической и исполнительной документации сетей, отдельных сооружений и оборудования обеспечивается в соответствии с требованиями Правил технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации [6]. Для нормальной эксплуатации объектов организация ВКХ должна иметь в архиве техническую, эксплуатационную и исполнительную документацию, а также материалы инвентаризации и паспортизации. Производственные и технические службы предприятия и подразделений обязаны своевременно вносить в документацию исправления, отражающие произведенные в процессе эксплуатации изменения конструкций, схем, условий эксплуатации сооружений, оборудования, коммуникаций и средств контроля и автоматизации, электромонтажные и принципиальные схемы электрооборудования. Изменения вносят немедленно после оформления актов о приемке и пуске в эксплуатацию сооружений и оборудования, подвергшихся изменениям. Постоянному хранению в архиве организации ВКХ подлежат:

а) полные комплекты утвержденных технических проектов на строительство (реконструкцию) систем водоснабжения и канализации со всеми приложениями;

б) рабочие чертежи и исполнительная документация на строительство (реконструкцию) зданий, сооружений, оборудования, коммуникаций и др.;

в) оперативные схемы систем водоснабжения и канализации населенного пункта в целом или его обособленных районов с указанием расположения всех сооружений, основных коммуникаций, средств регулирования, автоматизации и диспетчеризации в масштабе 1:2000–1:5000. На схеме должна быть нанесена сетка с указанием номеров планшетов;

г) планшеты в масштабе 1:2000, выполненные на геодезической подоснове, размером 50×50 см (1 км²). На планшетах должны быть нанесены все имеющиеся в натуре строения, подземные коммуникации и сооружения в них. При нанесении коммуникаций систем водоснабжения и канализации должны быть указаны

диаметр, длина, материал и год постройки трубопроводов; перечень оснащения и номера колодцев (камер) с отметками земли, трубы или лотка; пожарные гидранты – аварийные выпуски; абонентские присоединения и их регистрационные номера.

Оперативные схемы систем водоснабжения и планшеты целесообразно разрабатывать и хранить как на бумажном носителе, так и в электронном виде, обеспечивая ограниченный уровень доступа и безопасные условия пользования.

Для достижения стабильного уровня эксплуатационной деятельности, отвечающего современным требованиям по техническим и технологическим решениям, а также высокого качества и уровня эксплуатационной безопасности необходимо осуществлять проведение мероприятий по определению фактического технического состояния систем подачи и распределения воды, отдельных сооружений и оборудования водоснабжения.

Оценка технического состояния действующих систем водоснабжения является ключом к проработке мер повышения надежности коммунального водообеспечения. Краткое описание метода выполнения этой задачи представлено в главе 5.

На рис. 9 показана многоуровневая схема организации эксплуатационной деятельности с разработкой и реализацией безопасных факторов эксплуатации.

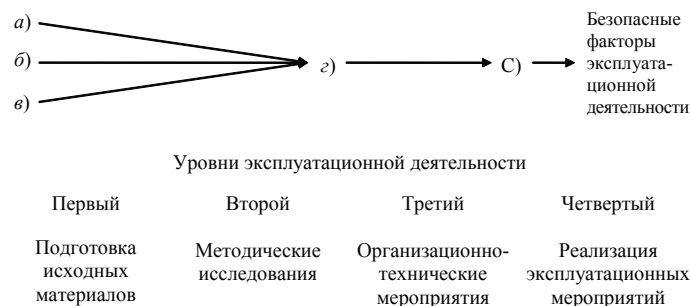


Рис. 9. Многоуровневая схема организации эксплуатационной деятельности: *а* – статистические (паспортные) данные водопроводных сетей (первый уровень); *б* – статистические (паспортные) данные водоочистных сооружений и насосных станций (второй уровень); *в* – фактические данные о объемах производства и потребления воды (третий уровень); *з* – методы исследования; определение фактического технического состояния водопроводных сетей, сооружений и насосных станций; *с* – организационные и технические мероприятия по устранению выявленных недостатков в работе водопроводных сетей и сооружений (четвертый уровень)

Глава 4. ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СООРУЖЕНИЙ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Основными задачами служб эксплуатации систем водоснабжения являются:

- а) обеспечение бесперебойной, надежной и эффективной работы всех элементов систем водоснабжения – водозаборных и очистных сооружений, водопроводной сети, резервуаров и водонапорных башен, насосных станций;
- б) производство воды питьевого качества, удовлетворяющего требованиям рабочей программы производственного контроля;
- в) осуществление производственного контроля за качеством воды на всех этапах технологического цикла [7].

4.1. Водозаборные сооружения

Основными задачами эксплуатации водозаборных сооружений [1, 2, 6] являются:

- а) систематический контроль за состоянием источников водоснабжения и работой сооружений и оборудования, а также учет контролируемых показателей с регистрацией их в специальных журналах;
- б) учет количества забираемой из источников воды и контролируемых показателей ее качества;
- в) проведение плановых осмотров и ремонтов сооружений и оборудования, своевременное устранение нарушений и аварий.

4.1.1. Водозаборные сооружения поверхностных источников водоснабжения

В процессе эксплуатации водозаборных сооружений поверхностных источников водоснабжения (речных русел, водохранилищ) [6] персонал обязан:

- а) вести систематическое наблюдение за состоянием источника водоснабжения (качество воды и санитарное состояние водного объекта, уровень воды в нем, изменение фарватера, состояние берегов, движение наносов и заиление, зимний режим водного

объекта – ледостав, ледоход, шуга, донный лед, состояние водной растительности и др.);

б) осуществлять постоянный контроль за работой водозаборных сооружений: водоприемников, ковшовой части, рыбо-шуго-наносозащитных устройств, самотечных и сифонных линий, берегового колодца и его элементов, насосных агрегатов, гидротехнических сооружений;

в) выполнять своевременную промывку и очистку сооружений, оборудования и коммуникаций от наносов и засорений плавающими предметами, водорослями, льдом, шугой и т. д.

4.1.2. Водозаборные сооружения подземных источников водоснабжения

В процессе эксплуатации водозаборных сооружений подземных источников [6] водоснабжения персонал обязан:

а) вести систематические наблюдения за состоянием источника водоснабжения (уровней воды по наблюдательным скважинам режимной сети и качества подземных вод в пределах первого пояса зоны санитарной охраны);

б) осуществлять постоянный контроль за работой водозаборных сооружений и оборудования (дебита эксплуатационных скважин и качества воды, откачиваемой из них, динамического уровня при работе водоподъемного оборудования и условно статического уровня при остановке скважины);

в) обеспечить заданные режимы работы эксплуатационных скважин и насосных агрегатов.

4.2. Очистные сооружения и установки

Основной задачей служб эксплуатации очистных сооружений (ОС) водопровода является производство воды питьевого качества, удовлетворяющего требованиям [6], как и обеспечение на должном уровне технологической и санитарно-гигиенической надежности работы как всего комплекса сооружений, так и отдельных установок. Важным условием эксплуатации ОС является их равномерная работа в течение суток и года по количеству обрабатываемой на них воды.

Контроль качества воды в производственных условиях следует осуществлять на основании рабочей программы производственного контроля качества воды, согласованной с Госсанэпиднадзором и утвержденной органом местного самоуправления [6]. Отбор, консервация, хранение и транспортирование проб воды для анализа выполняются согласно стандарту. Качество доброкачественной питьевой воды тесно связано с контролем ее *безопасности по физико-химическим, эпидемиологическим, радиологическим показателям*, а также с благоприятными органолептическими свойствами. Безопасность питьевой воды в эпидемиологическом отношении может быть охарактеризована по микробиологическим, вирусологическим, паразитологическим и биологическим показателям. Нормативы по микробиологическим и паразитологическим показателям указаны в табл. 2 [7].

Таблица 2

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

К сожалению, существующие методы мониторинга *эпидемиологической безопасности* водоисточника и питьевой воды не всегда могут гарантировать снижение риска возникновения инфекционного заболевания у человека и возможной опасности инфицирования воды. По биологическим показателям питьевая вода не должна содержать патогенных кишечных простейших и гельминтов. Подаваемая питьевая вода должна быть безопасна в эпидемиологическом и радиационном отношении,

безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства (далее – требования к качеству питьевой воды).

Всё большее внимание в настоящее время уделяется *безопасности в радиационном отношении*. В питьевой воде радиоактивные вещества могут обнаруживаться при радиационном загрязнении источника водоснабжения и низкой эффективности очистки на водопроводных сооружениях. По международным решениям специалистов в данной сфере и принятым постановлениям радиоактивность питьевой воды должна поддерживаться в безопасных пределах (табл. 3).

Таблица 3

Показатели	Нормативы, Бк/л
Общая радиоактивность	0,1 – 1,0

Контроль указанных показателей безопасности воды должен проводиться лабораторией в местах водозаборов, в процессе ее обработки, перед поступлением в сеть, а также в самой сети и у водопотребителей. Эксплуатационные специализированные службы и службы санитарно-эпидемиологического надзора осуществляют контроль качества воды по утвержденному графику.

4.3. Реагентное хозяйство

При эксплуатации реагентных цехов [6] персонал обязан:

- а) своевременно приготовить заданное количество растворов реагентов требуемой концентрации;
- б) ввести реагенты в обрабатываемую воду с соблюдением установленных доз, последовательности и интервалов времени между их введением;
- в) систематически наблюдать за правильностью устройств приготовления и дозирования реагентов, средств контроля и автоматизации;

г) своевременно передавать заказы на получение реагентов с учетом установленного порядка их расходования и вместимости складов;

д) вести систематический учет и контроль расхода и качества поступающих реагентов.

4.4. Водоводы и водопроводная сеть

Водоводы и водопроводная сеть (далее – сеть) [6] должны обеспечить бесперебойное и надежное снабжение потребителей водой, которая по своему качеству отвечает требованиям стандарта [7]. В задачи технической эксплуатации сети входят:

- а) надзор за состоянием и сохранностью сети, сооружений, устройств и оборудования на ней, техническое содержание сети;
- б) разработка мероприятий по совершенствованию системы подачи и распределения воды, а также мероприятий по предотвращению перерывов в подаче воды в неблагоприятно расположенные районы и микрорайоны при аварийных ситуациях; выполнение переключений на сети в соответствии с указанием диспетчера или другой структуры управления в целях установления оптимального режима работы системы при фактическом водопотреблении и его прогнозируемых изменениях в предстоящем периоде времени; проведение методических работ по определению технического состояния сети; проведение на математической модели гидравлических и оптимизационных расчетов взаимодействия сети, насосных станций и регулирующих емкостей при нормальных и аварийных режимах работы системы; проведение натурных измерений расходов воды и давлений, сопоставление данных измерений с результатами расчетов для проверки соответствия расчетной схемы фактическому техническому состоянию системы и фактическому водопотреблению в период проведения натурных измерений;
- в) организация и проведение планово-предупредительных и капитальных ремонтов на сети, ликвидация аварий с минимальными затратами и сроками;
- г) ведение технической документации и отчетности;
- д) анализ условий работы сети, подготовка предложений по совершенствованию системы и управлению ее работой, применение

нию новых типов конструкций труб и трубопроводной арматуры, новых методов восстановления и ремонта трубопроводов;

е) сбор, хранение и систематизация данных по всем повреждениям и авариям на сети, сооружениях на ней в целях анализа их причин, оценки и контроля показателей надежности;

ж) обеспечение эффективного функционирования установок электрозащиты металлических труб от коррозии.

4.5. Насосные станции

Водопроводные насосные станции [6] должны обеспечивать бесперебойную подачу воды потребителю при соблюдении заданного напора в контрольных точках водопроводной сети в соответствии с реальным режимом водопотребления и с учетом необходимости минимизации энергозатрат. Режимы работы насосных станций должны быть взаимоувязаны с режимами работы системы водоснабжения и водоотведения в целом; при этом учитываются режимы работы остальных сооружений: водопроводных и канализационных сетей, резервуаров, очистных сооружений и др.

Эксплуатационный персонал насосных станций обязан:

а) поддерживать заданный режим работы насосной станции, обеспечивая минимальный расход электроэнергии или топлива в случае использования тепловых двигателей: дизелей, газовых турбин и т. п.;

б) контролировать состояние и рабочие параметры основных насосных агрегатов, гидромеханических устройств (задвижек, затворов, обратных клапанов), гидравлических коммуникаций, электрооборудования, контрольно-измерительных приборов, средств автоматизации и диспетчерского управления, а также конструкций здания. Особое внимание следует обращать на несанкционированное появление воды в подземной части здания и принимать меры к прекращению ее поступления в здание;

в) предотвращать возникновение неисправностей и аварийных ситуаций, а в случае их возникновения принимать меры к устранению и ликвидации аварий в соответствии с планами ликвидации аварийных ситуаций подразделений;

г) соблюдать требования техники безопасности и охраны труда [3].

Кроме того, разработка инструкции по эксплуатации насосных станций, установленного на них оборудования и систем должна выполняться в соответствии с инструкциями заводоизготовителей применительно к особенностям эксплуатации данной станции.

Одной из важнейших задач является строгое соблюдение норм и требований пожарной безопасности, особенно на энергоемких (электроэнергия и газ) этапах производства и распределения воды питьевого качества. Эти требования изложены в технологическом регламенте [11].

При возникновении чрезвычайных ситуаций эксплуатация системы водоснабжения должна организовываться в соответствии с требованиями [4] и инструкцией по подготовке к работе систем хозяйственно-питьевого водоснабжения, разрабатываемой для конкретной системы водоснабжения.

Кроме основных целей и задач эксплуатации рассмотренных выше элементов систем водоснабжения, в Правилах [5] отражены вопросы эксплуатации резервуаров чистой воды, а также оборудования автоматизации и контроля за технологическими процессами, обеззараживания воды в процессе водоочистки, а также меры, которые определяют детальный перечень и порядок эксплуатационных действий по выполнению этих целей.

Строгое и систематическое проведение мероприятий по эксплуатации сетей и сооружений систем коммунального водоснабжения создает стабильные условия для повышения надежности ее работы и обеспечивает безопасность водоснабжения всех категорий водопотребителей и особенно населения.

Глава 5. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЕТЕЙ, СООРУЖЕНИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ КОММУНАЛЬНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Основным критерием оценки технического состояния трубопроводных сетей и сооружений [12, 13] инженерными службами предприятий, обеспечивающих водоснабжение населенных мест и объектов, являются статистические данные о

количестве повреждений и возрасте сооружений. По этим данным и принимаются решения о необходимости реконструкции и капитального ремонта трубопроводов, причем речь идет не о выборочном ремонте отдельных участков, действительно требующих ремонта, а о полной реконструкции или замене трубопровода.

В 1993–1994 гг. в Санкт-Петербурге был впервые опробован метод диагностики и анализа технического состояния водопроводных систем. Был разработан комплекс организационных и технических мероприятий, внесены следующие изменения в систему управления:

- в сфере организационных мероприятий: паспортизация участков трубопроводов, подготовка персонала и создание лабораторных участков;

- в сфере технических мероприятий: комплектация и оснащение лабораторных участков приборами и оборудованием, разработка и согласование нормативных требований и условий проведения практических работ.

Диагностика систем водоснабжения включает в себя методы оперативной и текущей дефектоскопии, проведение анализа статистических данных, а также данных комплексного обследования систем водоснабжения, методы определения узких мест в работе системы и составления плана мероприятий по повышению надежности работы водопроводных сетей и сооружений.

На факультете инженерно-экологических систем читается курс лекций и практических занятий «Региональные вопросы водоснабжения: “Методы обследования сетей и сооружений систем водоснабжения для оценки их технического состояния”» для студентов 4-го курса специальности 270112 (водоснабжение и водоотведение) всех форм обучения.

Сбор исходных данных и анализ статистической информации, а также комплексный подход к оценке технического состояния трубопроводов и сооружений водоснабжения, для этого проведение научно обоснованного анализа результатов исследований позволяют в короткие сроки выбрать и реализовать мероприятия, направленные на решение задачи восстановления надежности водоснабжения. Для этого разрабатываются программы практического обследования сетей и сооружений систем водоснабжения.

5.1. Характеристика системы водоснабжения

5.1.1. Общие сведения

Статистические данные о системе водоснабжения [12, 13] территории:

- качество воды источника(-ов) водоснабжения;
- принципиальная схема водоснабжения (с условной топографической привязкой к территории) (рис. 10);
- водозабор (мощность, $\text{м}^3/\text{сут}$);
- станцию(и) очистки воды (производительность, $\text{м}^3/\text{сут}$, в том числе собственные нужды, %);
- магистральные сети (диаметры, мм; длины, м);
- насосные станции, подстанции (подача, $\text{м}^3/\text{ч}$; давление, м вод. ст.);
- крупные потребители воды (расходы потребления, $\text{м}^3/\text{сут}$);
- диктующие точки, точки манометрического контроля (указать максимальное и минимальное давление, м вод. ст.);
- узлы регулирования и измерения расходов.

5.1.2. Водопроводные сети

- Общая протяженность, км.
- Распределение сетей по возрасту, диаметру и материалу изготовления.

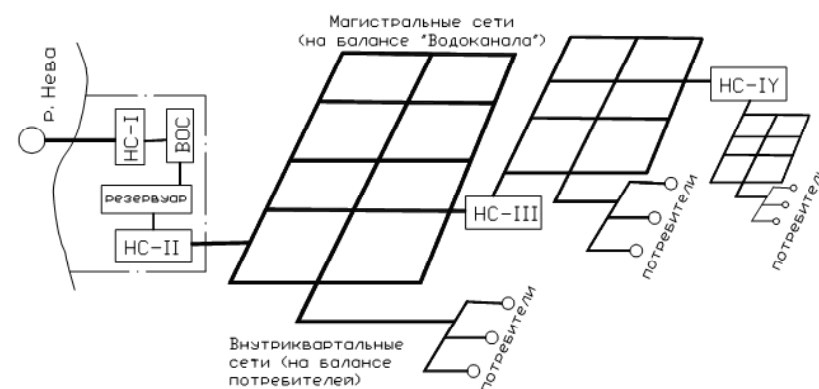


Рис. 10. Принципиальная схема водоснабжения территории

- Статистические данные аварий (повреждений) на водопроводных сетях.

Для проведения статистического анализа аварий также осуществляется работа с дефектными ведомостями по участкам водопроводных сетей.

5.1.3. Насосная станция (технические характеристики)

Таблица 4

Насосная станция (НС)	Подача, м ³ /сут	Напор на выходе, м вод. ст.	Тип насоса	Тип двигателя
НС 2-го подъема: водопроводная подстанция с р.ч.в. общий объем резервуаров, м ³				
НС 3-го подъема				

5.1.4. Водопотребление

Таблица 5

Потребление воды, м ³ /сут (средние сутки)	Годы									
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Общее, в том числе:										
население										
промышленность										
отопление и горячее водоснабжение										
другие потребители										
Фактическая норма водопотребления на одного человека										

5.1.5. Анализ статистической информации о трубопроводных сетях и сооружениях на них системы водоснабжения

Статистический анализ аварий на водопроводных сетях [13]. Представленные статистические данные об аварийности обрабатываются на компьютере, который на основе полученных данных строит следующие графики:

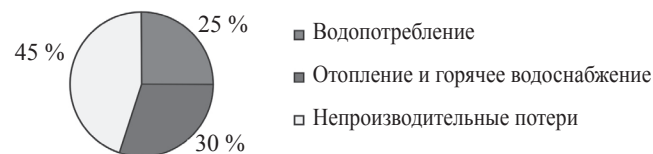
- графики распределения количества аварий в процентном отношении в зависимости:
 - от материала труб,
 - вида аварий,
 - причины аварий;
 - графики зависимости причин аварий от вида аварий в процентном отношении:
 - разрывы швов,
 - сквозные отверстия,
 - разломы,
 - трещины;
 - графики распределения аварий по диаметрам трубопроводов, вызванных гидроударами (общее число аварий, число аварий на 1 км трубопровода);
 - графики распределения аварий по диаметрам трубопроводов, вызванных коррозией (металлические трубы).
- Аварии подразделяются на пять основных классов:
- нарушение сварных швов;
 - разломы;
 - кратеры;
 - сквозные отверстия;
 - дефекты в соединениях.

5.1.6. Анализ статистических данных по водопотреблению

На основании указанных данных строят (в электронном виде) балансовую схему системы водоснабжения и выполняют предварительный расчет объема непроизводительных потерь воды.

Эта схема включает в себя: водопотребление населения, водопотребление промышленности и других сфер городского хозяйства [13], расходы воды на отопление и горячее водоснабжение и непроизводительные потери воды (рис. 11).

ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ



НЕПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ ПОТЕРИ ВОДЫ

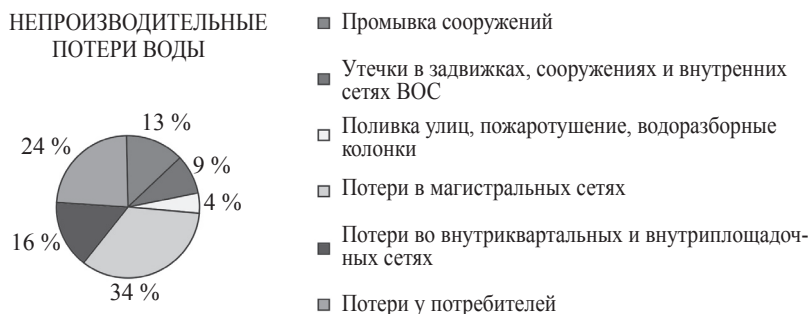


Рис. 11. Водопотребление и непроизводительные потери воды в системе водоснабжения

Проводится оценка фактического состояния учета воды на выходах водопроводных и насосных станций, в узлах распределения воды, у потребителей. Результат оформляется в табличной форме. Пример оформления информации об учете воды представлен в прил. 1.

5.1.7. Анализ состояния исполнительной документации

Выполнение анализа состояния исполнительной документации по участкам водопроводной сети имеет важное значение для проведения диагностических исследований системы водоснабжения и последующего построения математической модели сети водопровода. Рассматривается объем информации, содержащейся в исполнительной документации, определяется необходимость уточнения технических параметров. К ним относятся:

- состояние исполнительной документации, наличие привязок узлов и колодцев к городской территории (городской реперной системе);
- технические данные в паспортах участков трубопровода – места подключения водопроводных вводов, установки водомер-

ных узлов, размещение и типы запорной и регулируемой арматуры, пожарных гидрантов, выпусков, воздушников и другого оборудования;

- данные о повреждениях, сроки возникновения и ликвидации, причины возникновения, характер аварий, характеристики трубопровода;
- профилактические мероприятия, работы по подготовке к работе в зимних условиях.

Пример оформления отчета проверенной исполнительной документации представлен в прил. 2.

5.1.8. Блок-схема методики комплексной диагностики водопроводных систем

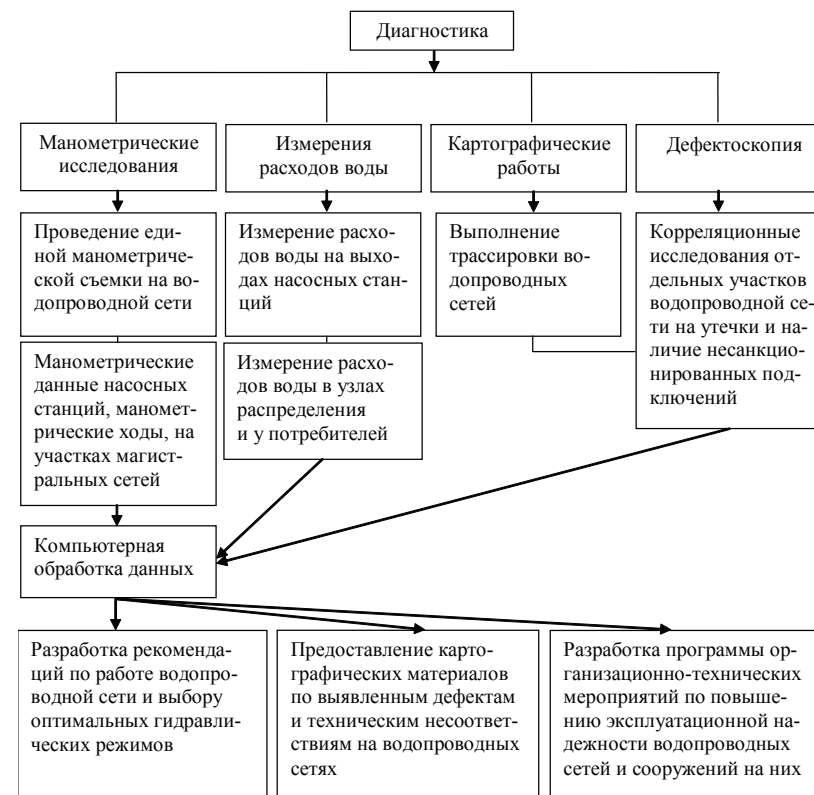


Рис. 12. Блок-схема комплексной диагностики водопроводных сетей

5.1.9. Обработка данных манометрических измерений

Манометрические исследования – это проведение комплекса мероприятий по приборному измерению давления в сети водопровода на каждом участке магистральных (или разводящих) водопроводных сетей.

Все данные, полученные в результате манометрических съемок, заносятся в компьютер, который после их обработки выдает обобщающие результаты в следующей форме:

- анализ изменений распределенного давления по каждому участку магистральной водопроводной сети в табличной и графической форме;
- построение пьезометрических линий по каждому участку водопроводной сети;
- построение пьезометрической схемы магистральной водопроводной сети;
- узлы на водопроводной сети, где необходимо (желательно) измерить фактические расходы воды и подготовить их к проведению работ.

5.1.10. Исследование водопотребления (измерение расходов воды)

Для проведения измерений расходов воды выбираются следующие потребители:

- несколько жилых зданий с разной степенью благоустройства и расположенных в разных районах города; необходимо проверить: наличие исправного водомерного узла, работающего счетчика расхода воды, степень защищенности помещения водомерного узла, организовать защиту специального оборудования;
- несколько потребителей промышленной группы с разным режимом работы; объем подготовительных работ аналогичен предыдущему пункту;
- теплоснабжающие организации; как правило, потребление воды на таких объектах фиксируется на самопишущих приборах.

Для регистрации водопотребления использовались ультразвуковые расходомеры «Ультрафлю» и крыльчатые водомеры различных типов, снабженные записывающей приставкой «Дебидоз».

5.1.11. Обработка данных измерений расходов воды

Данные измерения расходов воды [13] в исследуемой системе водопровода или отдельной зоне водоснабжения заносятся в компьютер, который после их обработки выдает обобщающие результаты в следующей форме:

- балансовая схема подачи и потребления воды (сутки максимального водопотребления, минимального водопотребления, среднее водопотребление);
- суточные графики подачи и потребления воды за каждый день исследований;
- суточные графики водопотребления исследуемых объектов жилого фонда;
- суточные графики водопотребления других исследуемых объектов;
- удельная фактическая норма потребления воды на 1 чел., л/сут, в том числе на коммунальные нужды, л/сут (холодное и горячее водоснабжение).

5.1.12. Дефектоскопия

Корреляционные исследования отдельных участков водопроводной сети на утечки и наличие несанкционированных подключений. Это исследовательские работы по поиску непосредственных мест возможных утечек воды на отдельных участках трубопроводов, несанкционированных подключений к водопроводу потребителей, технически неисправной или находящейся в нерабочем состоянии запорной арматуры. Они проводятся специальной лабораторией, оснащенной корреляционными приборами [13].

5.1.13. Неучтенные и непроизводительные расходы воды

Повышение эксплуатационной надежности трубопроводов и сооружений системы водоснабжения сводится к уменьшению величины непроизводительных потерь воды различного происхождения.

Морфология непроизводительных потерь определяет как методы и средства диагностики, так и методы борьбы с утечками.

В этом случае поставленная задача может быть решена при выполнении следующих условий:

- соответствие подачи насосов водопотреблению абонентов;
- отсутствие утечек в распределительной сети;
- обеспечение максимального КПД насосных агрегатов, насосных станций и водоочистных сооружений.

В 2005 г. кафедрой водоснабжения была разработана «Методика определения неучтенных расходов и потерь воды в системах коммунального водоснабжения». В Северо-Западном регионе это единственный на сегодняшний день методический документ, с помощью которого и на основе данных, полученных в результате осуществления мероприятий по диагностике и дефектоскопии, можно получить достоверные сведения по неучтенным расходам и потерям воды (рис. 13).

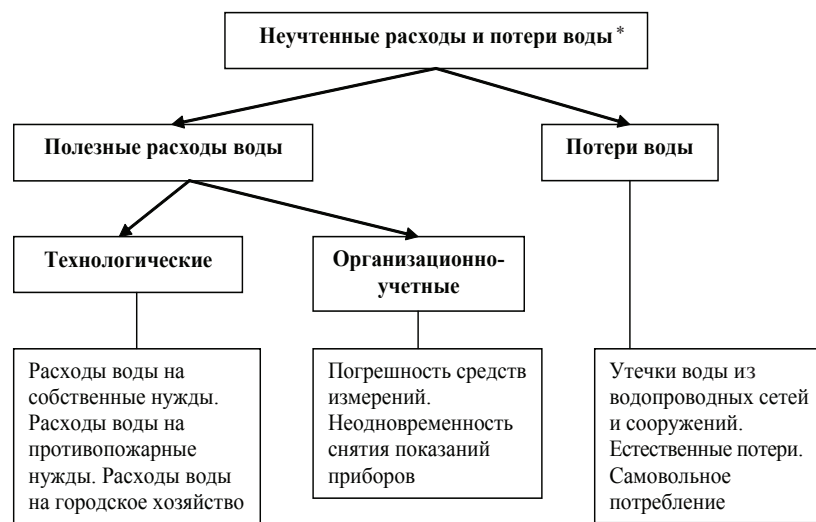


Рис. 13. Блок-схема комплексной диагностики водопроводных сетей

5.1.14. Картографические работы

Указанные работы включают в себя: выполнение мероприятий по трассировке участков водопроводной сети непосредственно на местности; уточнение мест расположения задвижек водопровод-

* В странах Европы непроизводительные потери воды в системах водоснабжения городов составляют от 10 до 18 %, в регионах России – от 20 до 40 %.

ных вводов, другой арматуры, установленной на трубопроводах; определение правильности установки указательных табличек и соответствие записей на них.

Работы по трассировке и поиску арматуры проводятся с использованием электронных приборов: трассо- и колодцеискателей. При построении рабочих схем водопроводной сети используются данные дефектоскопии.

5.2. Разработка рекомендаций по работе водопроводной сети и выбору оптимальных гидравлических режимов

Важнейшим инструментом для решения данной задачи является моделирование системы водоснабжения города или населенного пункта. Математическая модель водопроводной сети позволяет полностью описывать физическую структуру сети и ее технические характеристики. С помощью модели [13] можно решать следующие задачи:

- анализировать гидравлический режим работы системы транспортирования воды;
- выявлять участки сети, работающие с нарушением заданного режима;
- моделировать условия работы распределительной сети при отключении того или иного участка, при изменении основных параметров – фактического давления на насосных станциях и расходов подачи воды;
- определять коэффициент шероховатости трубопроводов как одной из характеристик их технического состояния;
- оптимизировать режимы работы водопроводной сети по часам суток, дням недели, получая значительный экономический эффект.

5.2.1. Математическое моделирование трубопроводных сетей

Математическая модель сети водопровода [13] позволяет полностью описывать физическую структуру сети и технические характеристики входящих в ее состав элементов и является инструментом для оптимизации ее эксплуатации. Она имеет графический редактор, позволяющий проводить гидравлические расчеты в заданном режиме рабочей конфигурации.

5.2.2. Предоставление картографических материалов по выявленным дефектам и техническим несоответствиям на водопроводных сетях

Данные работы проводятся на основе результатов проведенной манометрической съемки и измерений расходов воды по системе «насосные станции – магистральные трубопроводы» на участках, где обнаружены несоответствия в гидравлических характеристиках работы трубопроводов [13].

В настоящее время разработаны и внедряются методы автоматического контроля и сбора информации о режимах работы сетей и сооружений на этапах производства подачи и распределения питьевой воды в системах водопотребления.

Пример построения рабочей схемы на участках водопроводной сети представлен в прил. 3.

5.3. Разработка программы организационно-технических мероприятий по повышению эксплуатационной надежности водопроводных сетей и сооружений водоснабжения

5.3.1. Повышение эффективности работы водопроводных сетей

На основании данных, полученных в результате анализа результатов комплексного диагностического исследования системы водоснабжения, разрабатывается программа неотложных и перспективных организационно-технических мероприятий, включающих:

- мероприятия по установлению оптимальных режимов работы системы водоснабжения (насосная станция – сеть);
- мероприятия по сокращению непроизводительных потерь питьевой воды;
- проведение коррозионно-защитных мероприятий (антикоррозионная обработка и анодная защита) на сетях водопровода;
- проведение ремонтно-восстановительных работ на трубопроводных сетях и сооружениях с использованием нетрадиционных технологий;

- мероприятия по развитию системы транспортирования воды (строительство насосных станций, новых участков магистральных сетей, перемычек и т. д.).

Своевременная разработка программ выполнения этих мероприятий и их реализация создают надежные условия для повышения эффективности работы водопроводных сетей и сооружений на них [13].

5.3.2. Повышение эффективности работы насосных станций

Выполнение указанной задачи основано на проведении натурных испытаний насосных агрегатов, которые проводятся на основе разработанной методики диагностики насосных станций, представленной на рис. 14.

Для оптимизации работы насосных агрегатов необходимо путем натурных испытаний насосных агрегатов определить их КПД и удельный расход электроэнергии, что позволит провести оценку экономической эффективности работы насосной станции [13].

После определения КПД насосных агрегатов определяется КПД насосной станции, откуда легко перейти к подбору наиболее экономичных режимов работы насосных агрегатов с учетом дис-



Рис. 14. Основы методики определения эффективности насосных станций

В идеальном варианте для определения КПД насосной станции можно использовать данные $Q-H$, $Q-N$ и $Q-\eta$, полученные прямыми измерениями при натурных испытаниях насосных агрегатов, для чего потребуется выполнить натурные испытания по 10–20 точкам подачи в рабочем диапазоне насоса при различных величинах открытия задвижки (от 0 до 100 %).

По результатам испытаний строятся фактические характеристики $O-H$, $O-N$ и $O-\eta$ для данных конкретных насосов.

Для оценки характеристики сети можно использовать данные автоматизированного учета расходов и напоров по основным водоводам на выходе станции.

Пример заполнения форм проведения натурных испытаний насосного агрегата представлен в прил. 4, графики фактических рабочих характеристик насоса – в прил. 5.

Геометрический смысл оптимизации работы насосной станции заключается в выборе рабочих насосов, наиболее точно отвечающих потребностям распределительной сети (расход, напор) в рассматриваемые интервалы времени (рис. 15).

В результате выполнения данной работы обеспечивается снижение потребления электроэнергии на 5–15 % в зависимости от размеров станции, количества и типоразмеров установленных насосов, а также характера водопотребления.

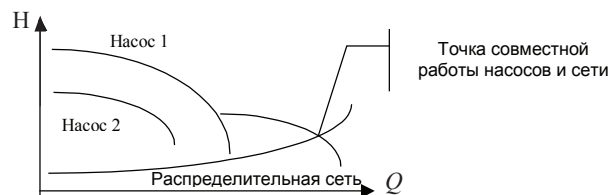


Рис. 15. Геометрический смысл оптимизации работы насосов и сети

Глава 6. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ СИСТЕМ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

6.1. Требования к проектированию

При проектировании систем питьевого водоснабжения должны выполняться требования [9] законодательства по санитарно-эпидемиологическому благополучию населения, а также соблюдаться нормы земельного, лесного, водного законодательства, законодательства о недрах, о животном мире, об охране окружающей среды, об особо охраняемых природных территориях, о лечебно-оздоровительных местностях и курортах, о защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Для обеспечения населения питьевой водой на случай возникновения чрезвычайных ситуаций проектируются системы резервного водоснабжения по нормам чрезвычайных ситуаций.

Проектирование систем питьевого водоснабжения должно осуществляться с учетом необходимости использования наилучших из доступных технологий в области питьевого водоснабжения, прогрессивных технических решений, автоматизации технологических процессов.

Проектно-сметной документацией по объектам водоснабжения должны быть предусмотрены работы по наладке и пуску в эксплуатацию, а также разработка технологических регламентов по эксплуатации.

Мощность строящихся и реконструируемых систем питьевого водоснабжения определяется генеральным планом развития объектов водопотребления.

Нормы удельного водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды устанавливаются органами местного самоуправления на основании санитарно-гигиенических потребностей человека.

Мощность систем питьевого водоснабжения не может превышать допустимого отбора воды из источников водоснабжения.

Станции подготовки питьевой воды должны быть рассчитаны на равномерную, бесперебойную подачу воды в течение суток при максимальном водопотреблении с учетом:

- одновременного отключения их отдельных сооружений для профилактических осмотров, очистки и планово-предупредительных ремонтов;
- расходования воды на собственные нужды станции, пожаротушения при условии хранения трехчасового противопожарного запаса воды в резервуарах чистой воды станции.

Технологии и сооружения, предусмотренные в проектах на строительство станций подготовки питьевой воды, должны обеспечивать ее соответствие нормативам качества как в обычных условиях, так и в условиях сезонных изменений качества воды в источнике питьевого водоснабжения. Требования к выбору и обоснованию технологических схем подготовки питьевой воды устанавливаются в зависимости от прогнозных оценок изменения качества воды в поверхностных и подземных водоемах на расчетный срок эксплуатации станций водоподготовки и технико-экономических показателей сравниваемых технологий.

6.2. Требования к строительству

При строительстве систем питьевого водоснабжения должны использоваться материалы, разрешенные органами санитарно-эпидемиологического надзора [9].

Сооружения и оборудование систем питьевого водоснабжения должны быть испытаны на прочность и герметичность в соответствии с проектной документацией.

Результаты испытаний сооружений и коммуникаций оформляются актом установленной формы, подписываемым представителями организации, выполнявшей строительно-монтажные работы, заказчика и эксплуатирующей организации.

Перед приемкой в эксплуатацию системы питьевого водоснабжения подлежат промывке (очистке) и дезинфекции разрешенными реагентами в соответствии с технологическими регламентами.

Глава 7. ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И МОНТАЖА СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

В процессе проектирования используют весь арсенал современных технических средств, надежных технологий и компьютеризированных систем расчета, чтобы обеспечить не только бесперебойное функционирование систем водоснабжения в нормальных условиях, но и надежное резервное водоснабжение в случае аварийных ситуаций.

Для обеспечения технологической надежности систем водоснабжения разрабатываются математические модели аварийного распределения воды, которые помогают выполнить проект и осуществить **монтаж систем водоснабжения** с бесперебойной подачей воды [9]. Проект может включать устройство резервных водозаборов, кольцевых водопроводов, параллельных водоводов, резервных очистных станций, автономного резервного энергообеспечения для бесперебойной работы оборудования.

Современный монтаж систем водоснабжения с одновременной установкой автоматических систем управления позволяют мгновенно анализировать ситуацию и принимать оперативные решения в случае засорения фильтров, утечек, аварий, перепадов давления. Автоматика позволяет быстро подключать резервные насосы, аварийные системы снабжения водой, обеспечивать бесперебойную работу пожарных насосов.

Обеспечение надежности систем водоснабжения должно решаться параллельно с решением задачи экономичности системы, для чего необходимы оптимальные методы снижения затрат на строительство и последующую эксплуатацию без снижения качественных характеристик и параметров работы системы.

На стадиях проектирования и строительства объектов строительные организации предусматривают комплексный монтаж инженерных сетей, призванных обеспечить высокую степень технологической и санитарной надежности систем водоснабжения.

Глава 8. ГЕНЕРАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Неоспоримо важное значение для целенаправленного и систематического планирования развития систем водоснабжения имеет генеральная схема водоснабжения [12], которая содержит практически всю информацию, необходимую для планомерной разработки проектных решений и строительства объектов водоснабжения.

1. Развитие централизованных систем водоснабжения осуществляется в соответствии с генеральными схемами водоснабжения поселений и городских округов, в соответствии с порядком разработки и утверждения генеральных схем водоснабжения, утвержденным Правительством Российской Федерации.

Генеральные схемы водоснабжения утверждаются в составе программ комплексного развития систем коммунальной инфраструктуры поселений, городских округов либо отдельно, если отсутствует соответствующая программа комплексного развития.

Генеральные схемы водоснабжения должны предусматривать мероприятия, необходимые для осуществления водоснабжения в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации.

2. Генеральные схемы водоснабжения поселений и городских округов утверждаются органами местного самоуправления по согласованию с органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации. В городах федерального значения Москве и Санкт-Петербурге генеральные схемы водоснабжения утверждаются органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации.

3. Генеральные схемы водоснабжения содержат:

- основные направления, принципы и задачи развития централизованных систем водоснабжения населенного пункта;
- основные результаты технического аудита централизованных систем водоснабжения населенного пункта;
- прогнозы потребления воды, количества и качества сточных вод сроком не менее чем на десять лет с учетом различных сценариев развития поселений и городских округов;
- карты (схемы) планируемого размещения объектов централизованных систем водоснабжения;

- границы планируемых зон размещения объектов централизованных систем водоснабжения, включая охранные зоны централизованных систем водоснабжения;

- прогнозные балансы водопотребления по территориям с указанием планируемой нагрузки и проектной производительности каждой водопроводной станции и каждого очистного сооружения по годам на расчетный период;

- перечень основных мероприятий по реализации генеральной схемы водоснабжения в разбивке по годам, включая технические обоснования этих мероприятий и оценку стоимости их реализации.

Глава 9. ВЫБОР МАТЕРИАЛА ТРУБ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

В настоящее время для производства труб используются самые разные материалы: металлы, пластмассы, керамика, асбестоцемент, бетон и композиции из нескольких материалов [10]. Каждый материал и системы трубопроводов имеют свои достоинства и недостатки. Чтобы сориентироваться в этом многообразии и выбрать нужный тип трубы, необходимо знать цель использования трубопровода, параметры его работы и требуемую долговечность. Ремонт трубопроводов – серьезная проблема, сопряженная с большими затратами. Другая немаловажная проблема – сложность монтажа системы трубопровода и связанные с ней затраты.

Рассматривать свойства труб целесообразно по виду материала, из которого они изготовлены, так как вид материала определяет эксплуатационные характеристики трубы, ее долговечность, методы монтажа и, естественно, стоимость. Каждая из вышеназванных систем трубопроводов должна применяться инженерами-проектировщиками в зависимости от конкретных условий эксплуатации и технико-экономических расчетов.

Во всем мире, в том числе и в России, в системах водоснабжения наиболее широко применяемыми материалами для изготовления труб являются высокопрочный чугун и полимерные материалы, такие как полиэтилен и поливинилхлорид.

Полимерные трубы имеют жесткие ограничения по рабочему давлению, напрямую зависящему от средней температуры всего срока эксплуатации и от максимального диаметра трубы. С эти-

ми ограничениями приходится считаться. Расчет эксплуатационных характеристик производится в соответствии с требованиями стандарта ISO 13760 «Пластмассовые напорные трубы для транспортировки жидкостей. Правило Майнера. Метод расчета накопленных повреждений».

Поэтому факторы надежности и прочности полимерных труб в значительной мере зависят от температуры, условий укладки, нагрузок и целого ряда других факторов. Полимерные трубы под воздействием циклических нагрузок имеют меньший фактор надежности, чем под воздействием статических.

Для стабильной и надежной работы полимерных труб в сетях водоснабжения необходима установка регуляторов давления и температуры, а также неукоснительное выполнение требований по устройству траншей, уплотнению подушки и обратной засыпки труб.

Как видим, функционирование всей системы из пластмассовых труб находится в очень большой зависимости от квалификации подрядчика и правильности выполнения им процедур укладки; уже построенная и введенная в эксплуатацию полимерная система требует сохранения изначальных условий укладки.

Трубы из высокопрочного чугуна (ВЧШГ) относятся к классу полужестких труб, а значит наиболее подходят для подземного заложения благодаря равномерному распределению на них нагрузок.

Механические свойства труб из высокопрочного чугуна почти такие же, как у стальных труб, и намного выше, чем у любых пластиковых труб. Очень важно отметить, что эти свойства не подвержены ухудшению со временем, что является проблемой для полимерных труб.

Трубы ВЧШГ не боятся также точечных нагрузок (проблемы для пластмассовых трубопроводов), ударов, вакуума (проблемы тонкостенных труб и пластиковых труб неподходящей жесткости), гидравлических ударов и т. д.

В связи с вышеизложенным стоит отметить следующие факторы в отношении полимерных труб:

1) уровень аварийности полиэтиленовых труб в два раза выше по сравнению с трубами ВЧШГ. Пластмассовые трубы не обладают жесткостью – высокой сопротивляемостью раздавливанию – и имеют большой коэффициент линейного расширения. Повышенные внешние нагрузки на гибкую трубу приводят к ее деформации и увеличению овальности ее поперечного сечения;

2) возможности производства строительно-монтажных работ на пластмассовых трубопроводах ограничены. Монтаж водопроводов из поливинилхлоридных и полиэтиленовых труб следует проводить (согласно инструкциям производителей) при температуре воздуха не ниже -5°C . С понижением температуры пластические свойства пластмассовых труб резко ухудшаются, поэтому должны соблюдаться повышенные требования по их транспортировке, разгрузке, хранению, монтажу и сварке. Так, при использовании пластмассовых труб техническими условиями устанавливается необходимость их теплоизоляции дорогостоящим листовым ячеистым стиролом, установка палаток для утепления и т. п.;

3) прокладка полиэтиленовых труб открытым способом требует выполнения большого, длительного и дорогостоящего объема подготовительных работ, что не всегда возможно в условиях плотной городской застройки; в условиях большого насыщения подземного пространства инженерными коммуникациями такая прокладка очень затруднена и приводит к значительному удорожанию строительно-монтажных работ;

4) для труб, используемых в системах питьевого водоснабжения, чрезвычайно важно в течение длительного времени гарантированное сохранение их прочностных характеристик, долговечности и обеспечение требуемого качества транспортируемой воды, что нельзя сказать о полимерных трубах.

Коррозионная стойкость труб из высокопрочного чугуна в 5 раз превышает стойкость труб из нелегированных углеродистых сталей. Испытания труб из высокопрочного чугуна, которые проводились в США, Англии, Франции и Германии, показали, что коррозионная стойкость труб ВЧШГ равна или в ряде случаев выше, чем у труб из серого чугуна. В рамках этих испытаний тестировалось сопротивление труб атмосферной и почвенной коррозии, а также воздействию различных агрессивных сред.

Как показывает 50-летний опыт эксплуатации трубопроводных систем из высокопрочного чугуна, трубы ВЧШГ работают надежно и долгосрочно практически при любых условиях. Однако в особо коррозионных грунтах и в местах электрических блуждающих токов высокой плотности им может потребоваться дополнительная защита в виде полиэтиленовой оболочки (полиэтиленового «чулка», надеваемого на трубу в процессе укладки), наружного покрытия металлическим цинком или катодной защиты.

Опираясь на вышеизложенное, следует отметить, что в процессе выбора труб для проектирования, строительства и эксплуатации сетей водоснабжения нужно рассматривать все стороны возможного использования как полимерных, так и различного вида металлических труб.

Глава 10. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕМОНТА ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

До последнего времени основным способом ремонта и восстановления сетей водопровода являлся открытый способ, требующий проведения объемных земляных работ с последующим восстановлением причиненных нарушений. При этом неизбежно нарушался привычный ритм жизни в районах, непосредственно прилегающих к месту проведения работ.

Многолетняя практика применения бестраншейных технологий показала их высокую эффективность, но ее применение сдерживалось отсутствием необходимых материалов и технико-экономических обоснований. В связи с изменением экономической ситуации в стране начиная с 2000-х гг. бестраншейные технологии стали широко внедряться в повседневную практику [14].

В настоящее время существует пять основных способов бестраншейного ремонта трубопроводов:

- «труба в трубе» – протаскивание внутрь ремонтируемого трубопровода новой плети труб из полиэтилена. При этом наружный диаметр полиэтиленовой плети близок к внутреннему диаметру ремонтируемого участка, но всегда меньше диаметра последнего;

- «взламывание» – виброударное или гидравлическое разрушение ремонтируемого участка в целях протаскивания новой полиэтиленовой плети или отрезков труб, при этом диаметр трубопровода после ремонта становится на один типоразмер больше исходного диаметра трубопровода;

- «чулок» – протаскивание внутрь ремонтируемого участка трубопровода чулка из специальных материалов, при этом после специальной обработки «чулок» плотно прилегает к внутренней поверхности ремонтируемой трубы;

- «U-лайнер» – протаскивание внутрь ремонтируемого трубопровода U-образной плети из полиэтилена с последующим ее распрямлением по внутренней поверхности ремонтируемого участка с помощью теплоносителя определенной температуры;

- локальный ремонт – заделка стыковых соединений, мест подключения боковых отводов и небольших трещин с помощью робототехнических устройств.

Новые трубопроводы прокладывают, как правило, методом горизонтального бурения. Это полиэтиленовые трубы диаметром от 100 до 1000 мм. Для горизонтального бурения используются специальная буровая машина, работой которой управляет автомат, оснащенный разработанной по проекту компьютерной программой, а также специальные приборы, которыми оснащен механизм бура. Приборы четко фиксируют положение по вертикали и по горизонтали головной части бура, а следовательно и протаскиваемой трубы относительно заданных проектом отметок.

Существуют разновидности перечисленных способов, которые представляют собой комбинацию известных (например, первого и второго).

Реализация перечисленных способов предусматривает обязательное предварительное проведение двух операций:

- гидравлическую очистку внутренней поверхности ремонтируемого участка;

- телевизионную инспекцию очищенной поверхности для принятия решения о способе и методах последующего ремонта.

Исключение составляет способ «взламывания», при котором не требуется гидравлической очистки трубопровода, так как при «взламывании» ремонтируемого участка старые разрушенные трубы уплотняются в грунт, а новая полиэтиленовая плеть большего диаметра занимает их место. То есть ремонтируемый участок является лишь направляющей для протаскивания полиэтиленовой плети большего диаметра.

Для реализации способов бестраншейного ремонта необходимо оборудование трех видов:

- гидропромывочная техника;

- техника для телевизионной инспекции;

- технологичное монтажное оборудование.

В табл. 6 приведены основные исходные параметры способов бестраншейного ремонта водопроводной сети.

Таблица 6

Способы бестраншейного ремонта водопроводных сетей

Способы бестраншейного ремонта	Длина ремонтируемого участка, м	Диапазон диаметров труб, мм	Гарантийный срок после ремонта, лет
«Труба в трубе»	100–700 м (для диаметров 100–300 мм). Далее – в зависимости от диаметра	100–1200	50
«Взламывание»	50–120 м (для диаметров 100–300 мм)	150–400	50
«Чулок»	50–400 м (для диаметров 100–300 мм)	100–1500	50
«U-лайнер»	50–600 м (для диаметров 100–400 мм)	100–400	50
Локальный ремонт	0,05–1 м (для диаметров 200–1500 мм)	200–1500	20
Метод горизонтального бурения	50–150 м (для диаметров 100–1000 мм)	100–1000	50

Анализ статистических данных по использованию способов бестраншейного ремонта при ремонте трубопроводных сетей в Европе, Скандинавии и России за последние 20 лет показывает, что наибольшее применение на практике имеют два способа бестраншейного ремонта: «труба в трубе» и «чулок», причем с гидравлической точки зрения второй способ предпочтительнее, так как практически не уменьшает внутренний диаметр ремонтируемого трубопровода. Вместе с тем «чулок» дороже, чем способ «труба в трубе».

Субъективный выбор способа и методов бестраншейного ремонта может привести к неоправданному увеличению стоимости ремонтных работ.

Выбор способа и методов бестраншейного ремонта должен осуществляться с учетом результатов аттестации технического состояния сети.

Использование бестраншейных технологий для ремонта трубопроводных сетей позволяет обеспечить восстановление их конструкционных и эксплуатационных характеристик, что следует рассматривать как одно из ведущих направлений в проблеме совершенствования конструкционного и эксплуатационного состояния трубопроводов для повышения их эксплуатационной надежности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Повышения эффективности, надежности и качества работы систем и сооружений коммунального водоснабжения и одновременно безопасности их эксплуатации возможно достичь путем выполнения ряда целенаправленных мероприятий. Одно из основных мероприятий – это строгое соблюдение требований Правил технической эксплуатации. Эффективным мероприятием в процессе эксплуатационной деятельности является организация оперативного контроля и управления за соблюдением установленных оптимальных технологических режимов очистки и распределения питьевой воды. На основе представленных методик определения фактического состояния водопроводных сетей и сооружений, а также диагностики насосных станций с возможностью построения их фактических рабочих характеристик рекомендовано организовывать в процессе эксплуатации службы по проведению работ по диагностике, текущей и оперативной дефектоскопии, постоянно внедрять в эксплуатационный процесс передовой опыт, достижения отечественной и зарубежной науки и техники в отрасли питьевого водоснабжения.

В пособии приведены основные сведения о порядке разработки регламентов мероприятий по обеспечению безопасности эксплуатационной деятельности.

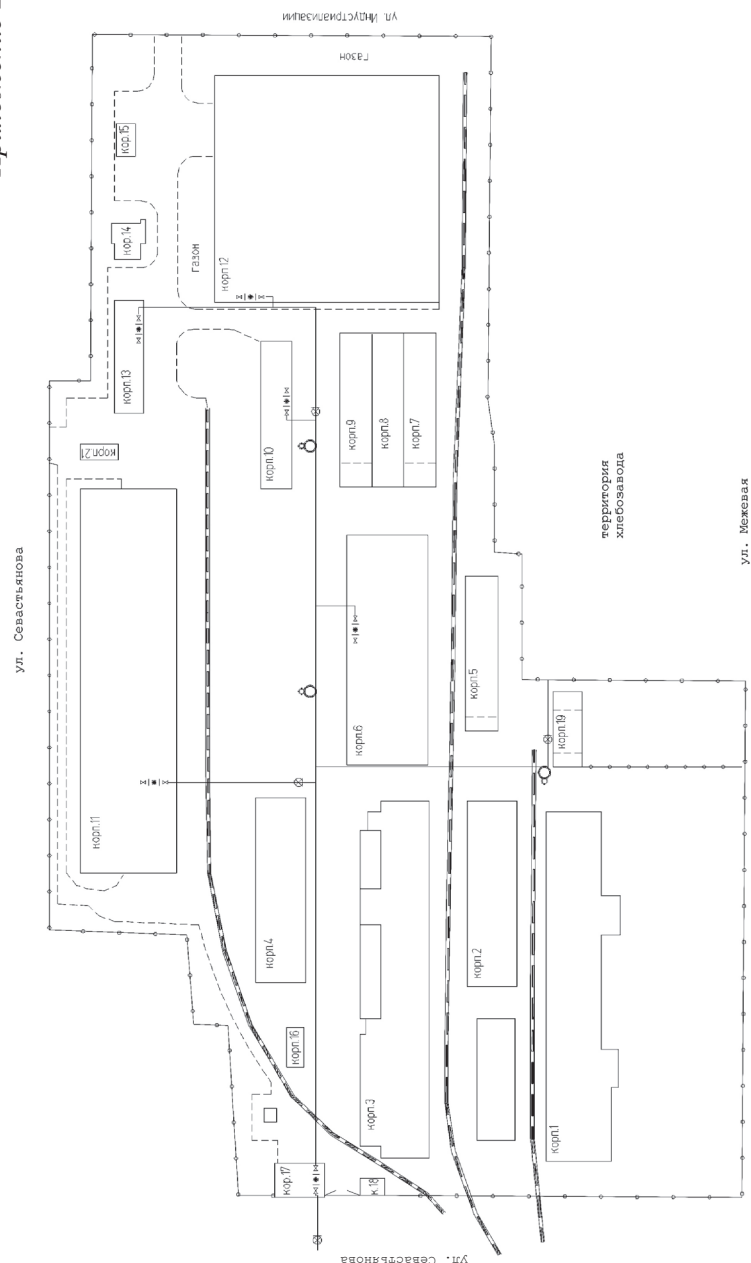
Рекомендуемая литература

1. *ГОСТ 2761–84*. Источники централизованного питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора. Межгосударственный стандарт. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1986. – 14 с.
2. *СанПиН 2.1.4.1110–02*. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения [утверждены и введены в действие Постановлением Госсанэпиднадзора России № 11 от 14 марта 2002]. – М., 2002. – 16 с.
3. *Правила* по охране труда при эксплуатации коммунального водопроводно-канализационного хозяйства [утверждены Приказом Минстроя от 22.09.1998]. – М., 1998. – 19 с.
4. *ГОСТ Р 22.6.01–95*. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Защита систем хозяйственно-питьевого водоснабжения. Общие требования [утвержден Госстандартом РФ 31.07.1995]. – М., 1995. – 11 с.
5. *СНиП 2.04.0–84*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.
6. *МДК 3-02.2001*. Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 138 с.
7. *СанПиН 2.1.4.1074–01*. Вода питьевая. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М., 2001. – 104 с.
8. *СНиП 12-03–2001*. Безопасность труда в строительстве. – М., 2001. – 40 с.
9. *СНиП 3.05.04–85**. Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации [утверждены постановлением Госстроя от 25.05.1990 № 51]. – М.: Стройиздат, 1990. – 60 с.
10. *Об экологической безопасности, надежности сетей водоснабжения*. Мат-лы. выставки «СПб., современное строительство». – М., 2010. – 8 с.
11. *Технический регламент* о требованиях пожарной безопасности. ФЗ РФ № 123-ФЗ от 22.07.2008: – М., 2008. – 109 с.
12. *Генеральные схемы водоснабжения Санкт-Петербурга: отчеты по НИР ГУП «Ленгипроинжпроект»*, 1992–2002. – СПб. – 2002. – 150 с.
13. *Диагностические исследования системы водоснабжения Санкт-Петербурга: отчет по НИР СП «Санкт-Петербургу – чистая вода»*. – СПб., 1994. – 85 с.
14. *Эксплуатационная надежность зданий и сооружений*. – СПб.: Стройиздат, 2004. – 172 с.

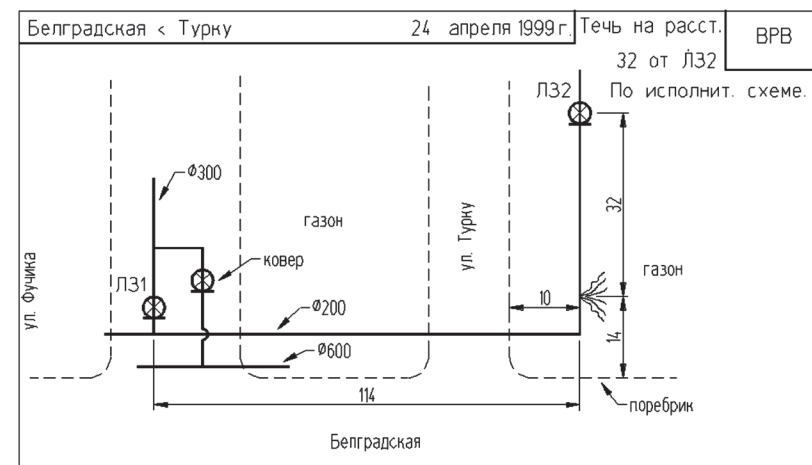
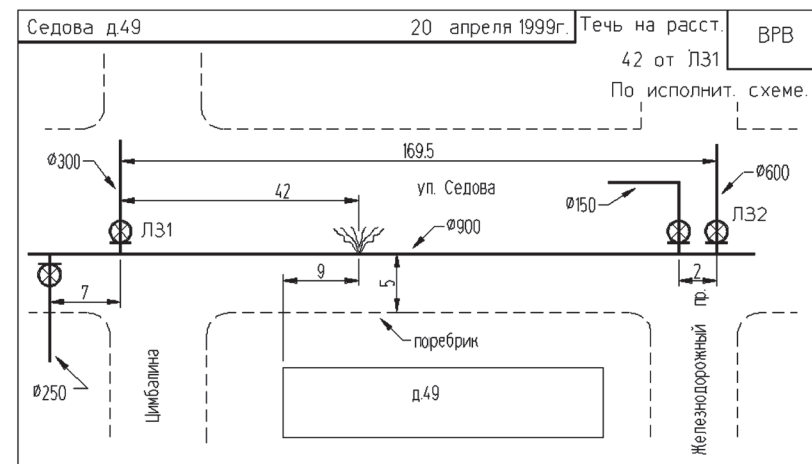
ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Наименование потребителя учета воды	Процент учета
Население	30–94
Объекты бюджетной сферы	40–90
Промышленность и другие сферы городского хозяйства	25–68
Отопление и горячее водоснабжение	18–85
Выходы водопроводных станций, подстанций, насосных станций	20–90
Узлы распределения воды	3–25



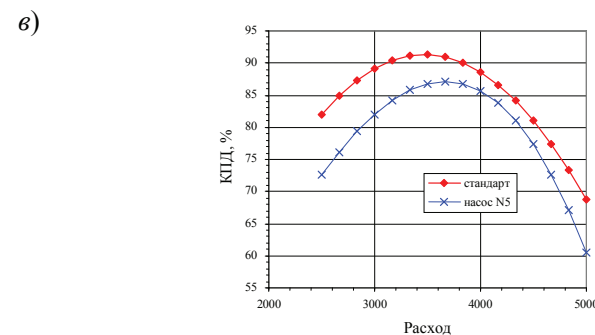
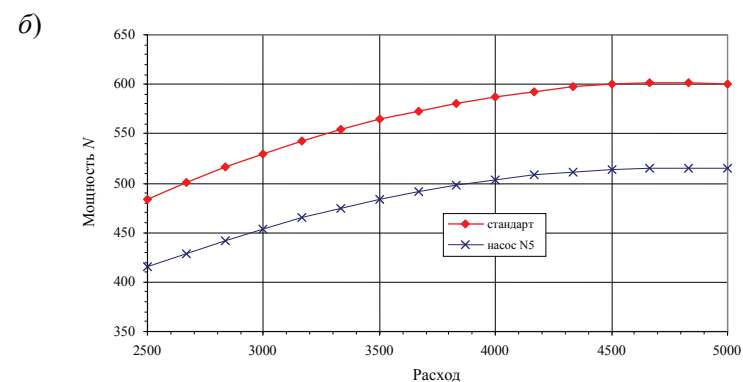
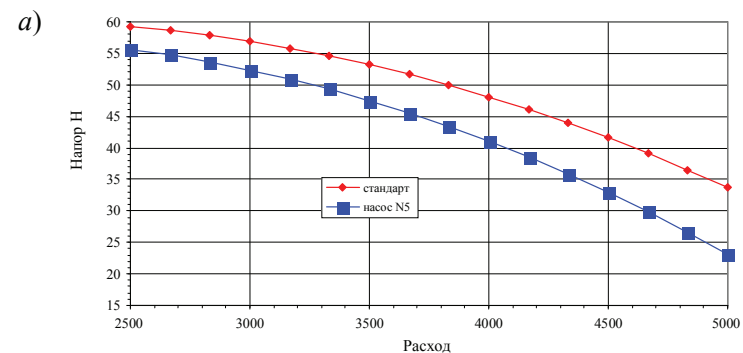
Исполнительная схема участка водопроводной сети



Пример построения рабочей схемы на участках водопроводной сети

Определение КПД насосного агрегата № 5 (22НДс) машинного отделения-7 насосной станции II подъема Главной водопроводной станции, СПб

Показатели	Ед. изм.	Насос № 5		
		Значение	Погрешность	
			%	±
Расход воды	м ³ /ч	4117	1,37	56
Плотность воды	м ³	1000	0,20	2,00
Вакуумметр	м вод. ст.	0,01	2,50	0,00
Манометр	м вод. ст.	41,25	2,50	1,03
Поправка установки приборов	м	4,34	2,50	0,11
Диаметр трубопровода: – всасывающего – напорного	м м	0,80 0,55	1,60 1,60	0,01 0,01
Напор манометрический	м вод. ст.	46,50	5,60	2,60
Мощность насоса по паспорту завода-изготовителя	кВт	522	12	63
По электросчетчику: Потребляемая мощность КПД насосного агрегата	кВт %	576 90,56	5,16 5,66	30 5,13
По приборам: ток напряжение косинус φ потребляемая мощность	А кВ – кВт	71,00 6,00 0,87 642	0,50 0,50 1,00 1,22	0,36 0,03 0,01 8
КПД насосного агрегата	%	81,26	2,63	2,13
Теоретический КПД насоса	%	85,00	–	–
Теоретический КПД двигателя	%	98,00	–	–
Удельная норма расхода электроэнергии: теоретическая измеренная: по электросчетчику по приборам	кВт · ч/1000 т кВт · ч/1000 т кВт · ч/1000 т	3,29 3,01 3,35	– 7,74 5,89	– 0,23 0,20



Графики $H-Q$ (а), $N-Q$ (б) и $\eta-Q$ (в) для насоса № 5 ($n = 743$ об/мин; $D = 825$ мм) и типового насоса 22НДс ($n = 730$ об/мин; $D = 860$ мм)

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	4
Часть I. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
Глава 1. Сравнительный анализ отказов и нарушений в работе систем водоснабжения	7
1.1. Водопроводные сети и сооружения	7
1.2. Водоочистные сооружения и системы подачи воды	11
Глава 2. Анализ требований и правил по нормированию эксплуатационных мероприятий для систем водоснабжения	15
Глава 3. Основные положения и мероприятия по обеспечению безопасности эксплуатационной деятельности в водопроводном хозяйстве	18
Глава 4. Основные цели и задачи эксплуатации сооружений систем водоснабжения	23
4.1. Водозаборные сооружения	23
4.1.1. Водозаборные сооружения поверхностных источников водоснабжения	23
4.1.2. Водозаборные сооружения подземных источников водоснабжения	24
4.2. Очистные сооружения и установки	24
4.3. Реагентное хозяйство	26
4.4. Водоводы и водопроводная сеть	27
4.5. Насосные станции	28
Глава 5. Современные методы определения технического состояния сетей, сооружений и оборудования систем коммунального водоснабжения	29
5.1. Характеристика системы водоснабжения	31
5.1.1. Общие сведения	31
5.1.2. Водопроводные сети	32
5.1.3. Насосная станция (технические характеристики)	32
5.1.4. Водопотребление	32
5.1.5. Анализ статистической информации о трубопроводных сетях и сооружениях на них системы водоснабжения	33
5.1.6. Анализ статистических данных по водопотреблению	33
5.1.7. Анализ состояния исполнительной документации	34
5.1.8. Блок-схема методики комплексной диагностики водопроводных систем	35
5.1.9. Обработка данных манометрических измерений	36

5.1.10. Исследование водопотребления (измерение расходов воды)	36
5.1.11. Обработка данных измерений расходов воды	37
5.1.12. Дефектоскопия	37
5.1.13. Неучтенные и непроизводительные расходы воды	37
5.1.14. Картографические работы	38
5.2. Разработка рекомендаций по работе водопроводной сети и выбору оптимальных гидравлических режимов	39
5.2.1. Математическое моделирование трубопроводных сетей	39
5.2.2. Представление картографических материалов по выявленным дефектам и техническим несоответствиям на водопроводных сетях	40
5.3. Разработка программы организационно-технических мероприятий по повышению эксплуатационной надежности водопроводных сетей и сооружений водоснабжения	40
5.3.1. Повышение эффективности работы водопроводных сетей	40
5.3.2. Повышение эффективности работы насосных станций	41
Часть II. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА	
Глава 6. Общие требования к проектированию и строительству систем питьевого водоснабжения	43
6.1. Требования к проектированию	43
6.2. Требования к строительству	44
Глава 7. Особенности современного проектирования и монтажа систем водоснабжения	45
Глава 8. Генеральные схемы водоснабжения	46
Глава 9. Выбор материала труб для проектирования водопроводных сетей	47
Глава 10. Современные методы строительства и ремонта водопроводных сетей	50
Заключение	53
Рекомендуемая литература	54
Приложения	55

Учебное издание

Захаревич Михаил Борисович
Ким Аркадий Николаевич
Мартьянова Анна Юрьевна

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ
СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ
ВНЕДРЕНИЯ БЕЗОПАСНЫХ ФОРМ ОРГАНИЗАЦИИ
ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ И СТРОИТЕЛЬСТВА**

Учебное пособие

Редактор О. Д. Камнева
Корректоры М. Молчанова, А. А. Стешко
Компьютерная верстка Н. И. Печуконис

Подписано к печати 06.12.2011. Формат 60×84 1/16. Бум. офсетная.

Усл. печ. л. 3,7. Тираж 100 экз. Заказ 143. «С» 75.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.

Отпечатано на ризографе. 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 5.