

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ПОВОЛЖЬЯ

© 2015

С.Ш. Сайриддинов, кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедр «Теплогазоснабжение и вентиляция, водоснабжение и водоотведение»,
«Энергетические машины и системы управления»
Тольяттинский государственный университет, Тольятти (Россия)

Ключевые слова: водоснабжение; поверхностные источники; подземные источники; природная вода; антропогенные загрязнения; водозабор; водопотребление; питьевая вода; очистные сооружения; водопроводная сеть; трубопроводы; реконструкции; эксплуатация; физический износ водопроводных сетей; бестраншейная технология; реконструкция трубопроводных систем.

Аннотация: В данной статье рассматривается состояние сетей и сооружений и пути повышения эффективности эксплуатации систем хозяйственно-питьевого водоснабжения в условиях Поволжья на примере г.о. Тольятти. Определены приоритеты в соответствии со стратегией социально-экономического развития Самарской области на период до 2020 года. Отмечается, что приоритетами государственной политики в регионе будут являться основные сферы жизнедеятельности, обеспечивающие безопасность жизни и здоровья человека и, соответственно, увеличение объемов строительства жилья и коммунальной инфраструктуры и приведение существующего жилищного фонда и коммунальной инфраструктуры в соответствие со стандартами качества. Обеспечение населения чистой водой – приоритетная проблема, решение которой необходимо для сохранения здоровья и повышения уровня жизни населения. В данной статье приведен эколого-статистический анализ источников водоснабжения, гидравлический и технологический анализ процессов подготовки и транспортирования питьевой воды, состояние трубопроводов подачи и степени их аварийности с целью принятия решения по обеспечению гидравлического решения, повышению эффективности подачи и распределению хозяйственно-питьевой воды при эксплуатации систем водоснабжения регионов России на примере г.о. Тольятти. Повышение уровня антропогенного загрязнения территории источников питьевого водоснабжения, значительный износ сооружений и оборудования водного сектора, отсутствие резервного водоисточника (Автозаводский район) определяют актуальность проблемы гарантированного обеспечения жителей чистой питьевой водой и выводят ее в приоритетные задачи социально-экономического развития г.о. Тольятти. Отмечается, что для решения задачи по гарантированному обеспечению жителей г.о. Тольятти чистой питьевой водой необходима организация совместных действий органов исполнительной и законодательной власти, предприятий водного сектора, инвесторов, технических специалистов, населения города по созданию в водном секторе эффективных качественно новых современных форм и методов управления. Рекомендуются альтернативные варианты восстановления и эксплуатации сетей и сооружений систем хозяйственно-питьевого водоснабжения в данном регионе. Масштабность проблемы определяет необходимость разработки Программы с использованием программно-целевого решения комплекса организационно-технических, правовых, экономических, социальных и других задач и мероприятий, обеспечивающих условия реализации Программы. Применение программно-целевого метода должно обеспечить эффективное решение системных проблем в водном секторе города за счет реализации комплекса программных мероприятий, увязанных по задачам, ресурсам и срокам.

Согласно Стратегии социально-экономического развития Самарской области на период до 2020 года [1], безусловными приоритетами государственной политики в регионе будут являться основные сферы жизнедеятельности, обеспечивающие безопасность жизни и здоровья человека. Основными задачами вышеназванной Стратегии определены: увеличение объемов строительства жилья и коммунальной инфраструктуры и приведение существующего жилищного фонда и коммунальной инфраструктуры в соответствие со стандартами качества.

Обеспечение населения чистой водой – приоритетная проблема, решение которой необходимо для сохранения здоровья и повышения уровня жизни населения, обеспечения комфортных условий проживания граждан, создания условий, обеспечивающих повышение качества и увеличение продолжительности жизни населения области.

Трудность ее решения обусловлена повсеместным ухудшением состояния источников питьевой воды,

техническими трудностями получения питьевой воды, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам [2–9].

По данным Федеральной службы государственной статистики за 2008 год, в Российской Федерации подается в сеть на хозяйственно-питьевые нужды более 11 млрд куб. метров воды в год, однако 30,5 млн человек, или 22 % населения, не обеспечены услугами централизованного водоснабжения. По данным Федеральной службы государственной статистики за 2009 год, централизованный водопровод отсутствует в 11 % городов и 53 % сельских населенных пунктов. В г.о. Тольятти не обеспечены услугами централизованного водоснабжения 0,5 % населения (станция Канал Комсомольского р-на, северо-западная часть мкр-н Федоровка Комсомольского р-на, мкр-н Новоматюшкино).

Повышение уровня антропогенного загрязнения территории источников питьевого водоснабжения, значительный износ сооружений и оборудования водного сектора, отсутствие резервного водоисточника

(Автозаводский р-н) определяют актуальность проблемы гарантированного обеспечения жителей чистой питьевой водой и выводят ее в приоритетные задачи социально-экономического развития г.о. Тольятти. Возрастающие экологические требования предписывают необходимость повышения качества очистки природных и сточных вод [2–4]. Для решения задачи по гарантированному обеспечению жителей г.о. Тольятти чистой питьевой водой необходима организация совместных действий органов исполнительной и законодательной власти, предприятий водного сектора, инвесторов, технических специалистов, населения города по созданию в водном секторе эффективных, качественно новых, современных форм и методов управления [2].

Централизованное водоснабжение жителей г.о. Тольятти осуществляется в Автозаводском районе – посредством водозаборных и очистных сооружений ОАО «АВТОВАЗ» из поверхностного источника – Куйбышевского водохранилища на р. Волга. Водозабор размещен вблизи села Подстепки выше плотины на 30 км. Транспортировка воды осуществляется ОАО «ТЕВИС». Речная вода насосами I подъема подается по пяти ниткам водоводов на водопроводные очистные сооружения ОАО «АВТОВАЗ» с попутным отбором потока речной воды на нужды ТЭЦ. Очистные сооружения водопровода построены по проектам, разработанным в 1967 году, и эксплуатируются с 1969 года, они предназначены для подготовки производственной и питьевой воды для нужд ОАО «АВТОВАЗ», его предприятий и жилищно-коммунального фонда Автозаводского р-на г.о. Тольятти. Проектная производительность насосной станции первого подъема ОАО «АВТОВАЗ» составляет 480 тыс. куб. метров в сутки, производительность очистных сооружений водоснабжения – 305 тыс. куб. метров в сутки. С 2006 года отмечается снижение потребления воды. Однако в летний период при максимуме водоразбора ОАО «АВТОВАЗ» вынуждено вводить ограничение по водоснабжению Автозаводского р-на и промышленно-коммунальной зоны, что связано с незавершенными работами по реконструкции районных насосных станций – РНС-1 и РНС-2, напорных коллекторов, транспортирующих стоки на очистной станции канализации (ОСК) ОАО «АВТОВАЗ» [2]. Применяемая технология водоподготовки решает задачу получения качества питьевой воды, удовлетворяющего нормативным требованиям. Однако ухудшение состояния источников водоснабжения, возрастающий риск их антропогенного загрязнения в условиях маловодья и постоянного ужесточения нормативов качества питьевой воды обуславливают необходимость внедрения современных эффективных технологий [2–6].

Учитывая особенность питьевого водоснабжения Автозаводского р-на и то, что источником водоснабжения является речная вода Куйбышевского водохранилища, куда сбрасываются без очистки до 100 тыс. куб. метров в сутки производственных и дождевых сточных вод, а также учитывая незащищенность и неблагоприятное качество волжской воды, обуславливающее необходимость проведения дорогостоящих мероприятий по водоподготовке до требуемых кондиций, участвовавшие в последнее время перебои в обеспечении населения питьевой водой, а также для необходимости обеспечения населения питьевой водой в период чрезвычайных си-

туаций, мэрией г.о. Тольятти проработан вопрос по строительству в Автозаводском р-не водозаборов питьевой воды – «Лесной» и «Лесной-2» из подземных источников общей производительностью 35,5 тыс. куб. метров в сутки (23,0 тыс. куб. метров и 12,5 тыс. куб. метров соответственно) в соответствии с ГОСТ Р 22.6.01.-95 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Защита систем хозяйственно-питьевого водоснабжения», система хозяйственно-питьевого водоснабжения средних и крупных городов должна базироваться не менее чем на двух независимых источниках водоснабжения [7–9]. Для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения должны быть привлечены все возможные ресурсы подземных вод. При этом минимальная доля подземных вод в общем объеме водоснабжения города должна быть достаточной, чтобы иметь возможность обеспечивать бесперебойную подачу воды населению при отключении головных сооружений поверхностных источников в период их аварийного загрязнения.

Транспортировка питьевой воды осуществляется по системе трубопроводов протяженностью более 384 км. Водопроводная сеть является одним из уязвимых элементов в системе водоснабжения города. Средний физический износ водопроводных сетей Автозаводского р-на (эксплуатирующая организация ОАО «ТЕВИС») составляет 87,1 %, оборудования водопроводных насосных станций (ВНС) – 59,4 %. Ежегодно капитальный ремонт выполняется на сетях водоснабжения протяженностью 6–8 км, включая магистральные сети. Установленный нормативный срок службы исчерпали около 112 км труб, т. е. 30 % от общей протяженности. Ежегодный прирост мортизированных сетей водоснабжения достигает от 30 км и более.

Для хозяйственно-питьевого водоснабжения г.о. Тольятти (Центрального и Комсомольского районов) используется вода, добываемая из подземных источников Тольяттинского месторождения, находящихся в хозяйственном ведении организации водопроводно-канализационного хозяйства. Добываемая вода по своим качественным характеристикам соответствует действующим нормам СанПиН «Вода питьевая» [5; 6], поэтому на всех водозаборах отсутствуют системы водоподготовки.

Для водоснабжения Центрального и Комсомольского р-нов г.о. Тольятти в качестве источников водоснабжения организация водопроводно-канализационного хозяйства использует 8 водозаборов подземных вод, расположенных в центральной части Тольяттинского месторождения. Каждый водозабор включает в себя группу водозаборных скважин (от 1 до 59 скважин), накопительные резервуары чистой воды и насосные станции второго подъема, а также сети водопровода различного диаметра. Вода с водоносного горизонта забирается скважинами и по трубопроводам поступает в накопительные резервуары, далее без какой-либо водоподготовки насосными станциями второго подъема или самотеком по магистральным водопроводам подается в разводящую сеть и далее потребителям. Среднесуточный забор воды составляет 120–125 тыс. куб. метров.

Общая протяженность магистральных, уличных и внутриквартальных эксплуатируемых сетей водопровода Центрального и Комсомольского р-нов, поселка Поволжский и Ягодинского лесничества, квартал № 5 оздоровительного комплекса «Алые паруса» составляет 480,58 км.

Анализ существующего состояния сетей водоснабжения, проведенный организацией водопроводно-канализационного хозяйства, показал, что процент износа составляет 84,67 %, для поддержания системы водоснабжения в технически исправном состоянии требуется ежегодно перекаладывать сети диаметром до 400 мм – 23,0 км и диаметром более 400 мм – 4,3 км.

Водопроводные сети Центрального и Комсомольского р-нов (материалы труб: сталь, чугун и полиэтилен, асбестоцемент, диаметры от 25 мм до 1400 мм) представляют собой кольцевые водопроводные сети, включающие магистральные водоводы и разводящую уличную и внутриквартальную сеть (рис. 1).

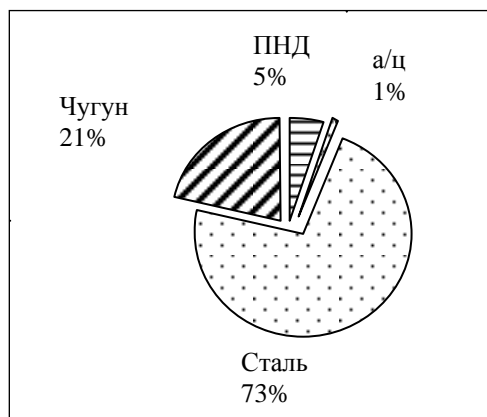


Рис.1. Материалы труб Центрального и Комсомольского р-нов

Давление в сети центральной части Комсомольского р-на и жилого массива «Шлюзовой» определяется уровнем воды в резервуарах водозаборов, а в водопроводных сетях Центрального р-на и мкр-на «Железнодорожный» – давлением насосов насосной станции второго подъема.

Анализ существующего давления в водопроводной сети показывает, что практически на всей территории центральной части Комсомольского р-на свободный напор превышает максимально допустимый свободный напор, который, согласно СНиП [7], в наружной сети хозяйственно-питьевого водопровода у потребителей не должен превышать 60 м. Такое положение объясняется значительной разностью отметок уровня воды в резервуарах и отметок земли в жилой застройке. Во многих узлах сети напор превышает 80 м, а в районе ул. Ярославской и ул. Мурысева свободный напор по данным замеров равен 102 м. Эксплуатация такой сети имеет как положительные моменты, так и отрицательные.

Положительным моментом является то, что практически все здания независимо от этажности обеспечиваются требуемым напором непосредственно из водопроводной сети, что позволяет получать значительный экономический эффект и снижение эксплуатационных затрат.

Отрицательными моментами являются:

1. Рост нерациональных потерь воды потребителями;
2. Рост аварийных ситуаций, вызванных избыточными напорами.

Исследованиями установлено, что при снижении среднего напора на вводе в здание на 10 м достигается уменьшение общего суточного расхода воды на 5–8 % при прочих равных условиях. Следовательно, фактическое водопотребление может значительно отличаться от нормативного [10–13]. Анализ структуры водопроводной сети показывает четко выраженную систему водоводов и перемычек. Анализ работы водопроводной сети при максимальном часовом водопотреблении показывает:

а) в водопроводной сети центральной части района расчетные свободные напоры в большей части узлов превосходят регламентируемый СНиПом [7] максимально допустимый напор – 60 м;

б) расчетные скорости в участках сети колеблются от 0,01 м/с до 0,99 м/с, причем большее число участков (67,6 % от общего количества) работает со скоростями менее 0,3 м/с.

На рис. 2 представлена гистограмма распределения участков по их загрузке в процентном соотношении. Только 15 % участков работает со скоростями более 0,5 м/с. Потери напора в участках небольшие, поэтому разница в пьезометрических напорах между точкой подключения водовода к сети и наиболее удаленными точками сети составляет примерно 2 м. Это говорит о том, что водопроводная сеть обладает большой пропускной способностью. Наиболее нагружены водоводы от водозаборов, в которых скорость достигает 0,99 м/с (рис. 2). Скорость на других водоводах меняется по мере разбора воды.

Важен следующий факт. Наблюдается стабильное водопотребление в ночные часы суток, которое примерно в 2 раза меньше максимального. Это говорит о том, что в общем объеме водопотребления есть постоянная составляющая – утечки воды у потребителя. Такое положение характерно для систем водоснабжения с высоким давлением в водопроводной сети [14–16]. В таких случаях фактическое водопотребление превышает нормативное.

Наличие повреждений на стальных водопроводных сетях подтверждает их физический износ [17; 18]. На рис. 3 представлена диаграмма изменения количества повреждений n в зависимости от изменения диаметра стальных трубопроводов. Производственной программой перекаладки сетей водоснабжения предусматриваются с заменой стальных труб на полиэтиленовые среднего и высокого давления.

Ежегодно на трубопроводах и оборудовании городской водопроводной сети города фиксируется более 250 различных аварий и повреждений (табл. 1), причем для устранения трети из них требуется проведение раскопочных работ.

Увеличение дефектов на сетях водопровода связано с продолжением старения [17; 18]. В настоящее время из 480,58 км водопровода в аренде 336,06 км имеет износ 92–100 %. Для поддержания уровня износа сетей необходимо ежегодно перекаладывать 21,26 км сетей (табл. 2), что способствует допустимости эксплуатации водопроводных сетей и снижения уровня износа по общей протяженности сети водопровода.

Для обновления сетей водопровода объем плановой перекаладки должен превышать амортизационный износ. Планы ремонтов на будущие годы разрабатываются

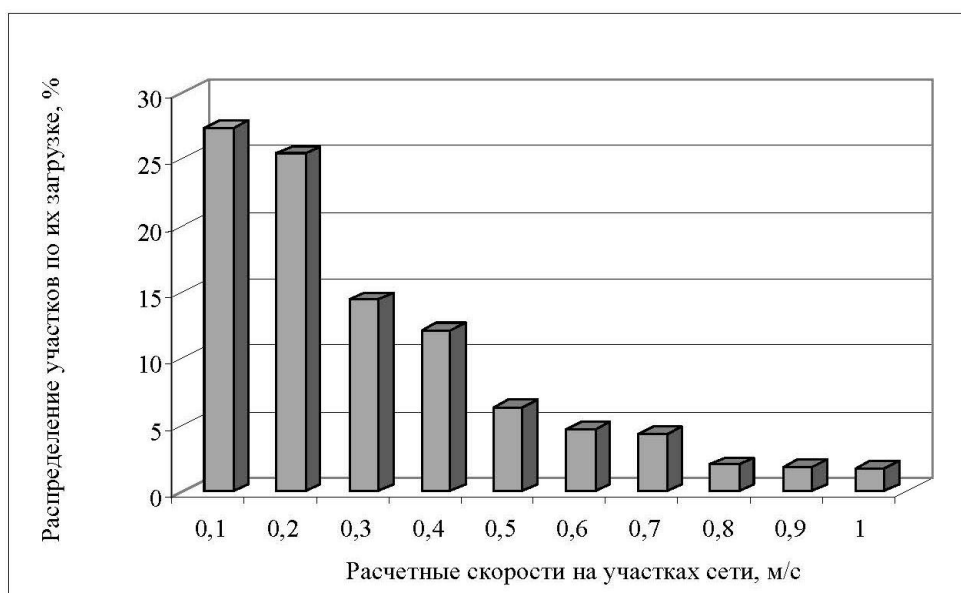


Рис. 2. Распределение участков сети по скорости

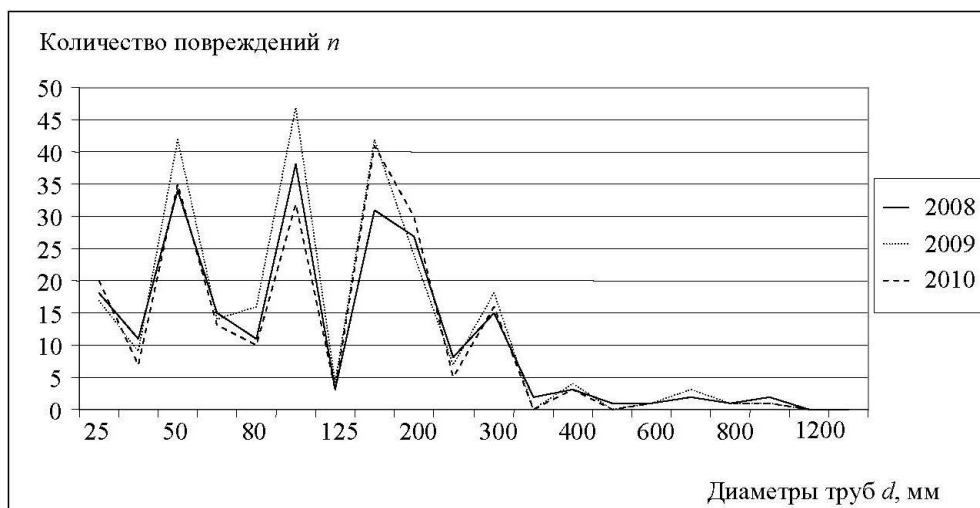


Рис. 3. Повреждения на стальных трубопроводах

Таблица 1. Аварийность на водопроводных сетях

Период	Аварии	Отказы	Удельная аварийность на водопроводных сетях, количество порывов, км
2007 факт	1	254	0,48
2008 факт	1	265	0,57
2009 факт	1	287	0,60
2010 факт	2	259	0,54

Таблица 2. Необходимый ежегодный объем перекладки

Материал труб	Норма амортизации, %	Протяженность, км	Объем перекладки, км/год
Сталь	5,00	347,74	17,39
Чугун	2,88	130,53	3,76
Асбестоцемент	5,00	2,20	0,11
Железобетон	3,30	0,11	0,00
Итого		480,58	21,26

исходя из прогноза выделения средств на эти цели. Системный анализ трубопроводных систем на зарастание не проводится, данные не собираются, но по опыту эксплуатации наибольшие зарастания наблюдаются на стальных трубопроводах, затем на чугунных. На полиэтиленовых трубах практически отсутствуют отложения либо присутствуют в виде пленки.

В зависимости от гидравлического режима трубопроводов зарастание происходит менее или более интенсивно. На участках трубопроводов с малыми скоростями 0,1–0,5 м/с наблюдается уменьшение сечения до 40 %. В зависимости от диаметра трубопроводов толщина твердых отложений достигает: при небольших диаметрах 4 мм, а на трубопроводах диаметром 1000 мм – до 15 см. Наибольший слой отложений наблюдается в донной части трубопровода на стенках и верхней части слой отложений значительно меньше. При промывке снимаются не все отложения, а лишь мягкие. Промывка ведется до полного очищения воды от взвешенных веществ. При этом твердые отложения могут остаться на стенках трубопровода, что, несомненно, в дальнейшем будет значительно ухудшать гидравлические свойства трубопровода.

По данным ПК «Водоканал», за 2011 год зафиксировано 459 отказов на сетях водопровода, находящихся в эксплуатации организации водопроводно-канализационного хозяйства, а также на частных сетях водопровода (рис. 4, 5, 6). Под отказом понимается событие, когда сети и их элементы полностью или частично перестают выполнять свои функции, т. е. функции водообеспечения.

Всего за 2011 год зафиксировано 459 отказов, из них: в колодце 299 шт.; в траншее (на трубопроводе) – 160 шт.

Согласно собранным данным сделан вывод, что наибольшее количество отказов (35 %) приходит на трубопроводы, находящиеся в грунте (в траншее). Причиной отказов служат свищи, коррозия (74 %); износ трубопровода (25 %); течь по сварному шву (1 %). Наиболее часто происходят отказы на сетях диаметром: 100 мм – 43 %;

150 мм – 20 %; 200–300 мм – 17 %. На стальные трубопроводы приходится 86 % отказов.

Причиной сложившейся ситуации стало низкое качество материала трубопроводов. Большинство трубопроводов водопроводной сети г.о. Тольятти имеет в настоящее время значительный физический износ, так как они были построены и введены в эксплуатацию в период бурного жилищного строительства в 1960–1980 гг. прошлого века без учета требований надежности применяемым материалам и организационно-технических возможностей эксплуатирующих организаций. Причины сложившейся в последние годы напряженной ситуации с обеспечением надежности водопроводной сети связаны с тем, что, вопреки требованиям СНиП при строительстве водопроводов, в бывшем СССР широко использовались стальные трубы, не защищенные от внутренней и внешней коррозии.

В этот период времени наблюдался дефицит качественных труб и арматуры, выпуск чугунных труб отечественной промышленностью был прекращен, а вместо них производились только стальные, из некачественной низколегированной стали и без антикоррозионной защиты. Срок службы таких стальных труб не превышает 20 лет.

Опыт эксплуатации подземных водозаборов показывает, что не всегда обычный санитарно-химический анализ воды подземного источника водоснабжения позволяет определить форму, в которой железо и марганец находятся в воде.

В воде подземного источника железо обычно находится в истинно растворенном состоянии и виде бикарбоната закиси железа $[\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2]$. Такая вода в первое время по выходу из скважины бесцветна и прозрачна, но при стоянии в открытом сосуде постепенно мутнеет и из нее выпадает красно-коричневый осадок. Если в воде одновременно содержится железо и сероводород, то вода оказывается загрязненной тонкодисперсной взвесью сульфида железа (FeS), придающей воде черную окраску.

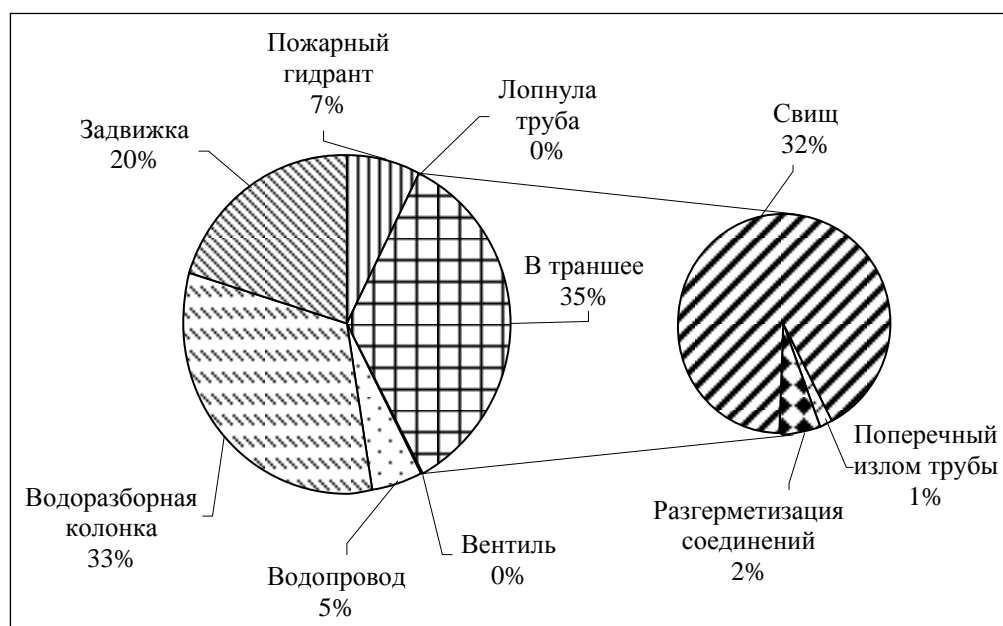


Рис. 4. Отказы на сетях водопровода в 2011 г.

Кроме железа в воде подземных водозаборов содержится марганец. Марганец в воде подземных источников чаще всего встречается в виде бикарбоната закиси $[Mn(HCO_3)_2]$. При контакте с воздухом прежде всего из воды выделяется осадок гидроокиси железа, так как железо окисляется легче, чем марганец. Марганец растворенным в воде кислородом при $pH < 7$ не окисляется.

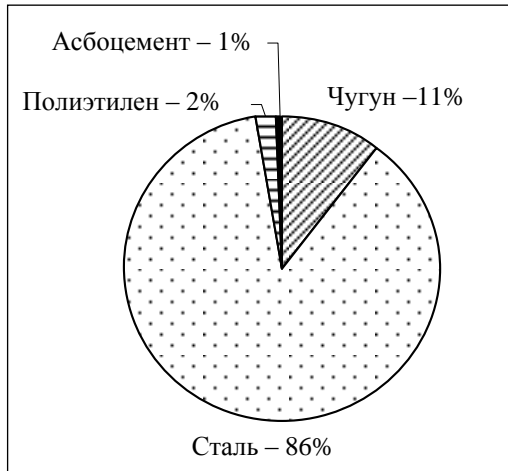


Рис. 5. Отказы (в траншее) по материалам труб

Практикой установлено, что окисление марганца и железа осуществляется хлорированием. Хлор окисляет Mn^{2+} в Mn^{3+} при $pH=6,5 \div 7$ за 2-3 часа. Расход хлора на окисление 1 мг марганца в отсутствие аммонийных солей составляет примерно 1,3 мг, при наличии NH_4^+ расход хлора увеличивается на величину, необходимую для их связывания.

На окисление 1 мг двухвалентного железа расходуется около 0,64 мг Cl_2 , щелочность воды при этом снижается на 0,018 ммоль/л на каждый 1 мг удаленного из воды железа. Окисление закисного железа хлором идет очень быстро, так, при содержании в воде железа 1,0 мг/л окисление происходит в течение 10–15 мин. Окисленные Mn и $Fe(OH)_3$ выпадают в осадок. Осадок образуется на стенах труб и резервуаров, кроме того, в резервуарах имеются «мертвые» зоны, где не происходит обмена воды, что создает условия для образования сульфида железа, который представляет собой черный тонкодисперсный осадок. В подземной воде подземных водозаборов, питающих Центральный и Комсомольский р-ны, содержится как железо в двухвалентной форме, так и марганец.

Периодически резервуары чистой воды останавливают на чистку и хлорирование. В период остановки вода из резервуара сбрасывается полностью в сеть, поэтому часть железа, выпавшего в осадок, перед чисткой резервуара попадает в разводящую сеть. При хлорировании воды, находящейся в течение суток в резервуаре для дезинфекции, происходит окисление хлором двухвалентного железа и марганца, в результате чего содержание взвешенных веществ и мутность воды, поступающей в сеть из резервуара, увеличивается.

Выносимый осадок в водопроводную сеть при скоростях движения воды в трубах меньше 0,7 м/с оседает на стенках труб, в тупиковых участках водопроводной сети с малым обменом воды происходит образование сульфида железа, происходит развитие железобактерий. Образование сероводорода здесь может происходить вследствие восстановления содержащихся в воде сульфатов в результате жизнедеятельности сульфатредуцирующих бактерий. При окислении железа и марганца в воде образуется осадок, который при малых скоростях

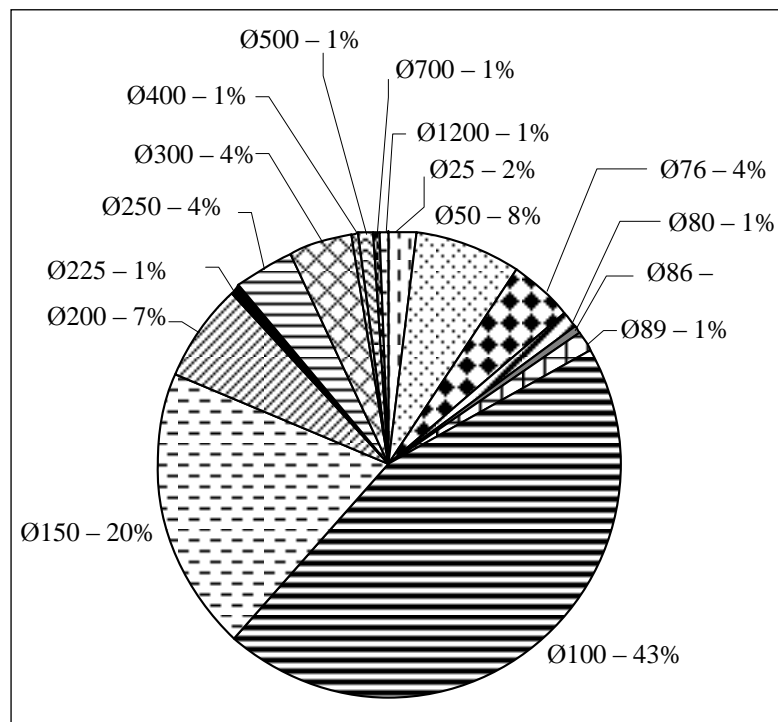


Рис. 6. Отказы на трубопроводе (в траншее) по диаметрам

оседает на стенках труб. В результате этот осадок накапливается и периодически, срываясь со стенок (изменяется скорость, направление движения воды), ухудшает качество подаваемой потребителю воды.

Анализ результатов физико-химического состава воды, поступающей из скважин в резервуары, и качества воды, поступающей потребителям, позволяет сделать следующие выводы:

1. Среднее значение качественного состава воды, подаваемой потребителям, соответствует требованиям СанПиН [5] по всем показателям, кроме железа общего и марганца. Средние концентрации железа и марганца соответствуют согласованным значениям (не превышает 0,8 и 0,5 мг/л).

2. В периоды чистки резервуаров, при полном сбрасывании воды из резервуара перед чисткой и после хлорирования с водой выносятся взвесь в водопроводную сеть, в результате в питьевой воде возрастает содержание взвешенных веществ, а мутность воды превышает требования СанПиН 2.1.4.559-96 [5]. Взвесь оседает на стенках труб и создает условия для образования сульфида железа (черный тонкодисперсный осадок).

3. При остановке резервуаров необходимо обеспечивать тщательную очистку стен и днища от отложений взвеси, не допускать мест с накоплением железистых отложений, в противном случае в этих местах будет образовываться сульфид железа, способствующий развиту железобактерий.

При сборе информации о состоянии трубопроводов систем водоснабжения г.о. Тольятти была выявлена проблема – отсутствие единой информационной базы. Разрозненность первичной документации, такой как исполнительная документация, паспорта трубопроводов, паспорта акврий, инвентаризационные данные и пр., усложняет процесс оценки и составления прогноза показателей надежности, выбора приоритетных объектов санации трубопроводов, что в дальнейшем приводит к неэффективной эксплуатации трубопроводных систем. По этой причине необходимо создание единой электронной информационной базы. Для автоматизированного ввода, хранения, обработки и выдачи необходимой информации по оценке и прогнозу уровня надежности трубопроводов и оборудования водопроводной сети необходимо применение автоматизированного информационно-технического обеспечения, включающего в себя базы данных (БД) [19]: паспортов участков сети; паспортов водосчетчиков; паспортов колодцев и камер; паспортов водопроводного ввода; эскизов детализировки запорной арматуры колодцев и камер; графического изображения водопроводной сети; схем водомерного узла; текущего состояния трубопроводов (результаты диагностического контроля); прочих эксплуатационных параметров (напоры в сети, данные группы гидроизмерений и т. п.); учтенного водопотребления; качества воды в распределительной сети; по повреждениям и восстановлению участков трубопроводов и арматуры; выданных Технических условий на водоснабжение объекта, переключку, санацию, проектирование СКЗ.

Такая база данных позволит выбирать первоочередные объекты восстановления, к которым относятся объекты, имеющие наибольший риск аварий и которые в ближайшее время с экономической и с технической

позиций окажутся непригодными для дальнейшего нормального функционирования, т. е. потребуются их восстановление.

Для практической реализации алгоритма выбора потенциальных и приоритетных (первоочередных) объектов восстановления трубопроводов методами бестраншейных технологий (санации) разработано автоматизированное информационно-техническое обеспечение (система АИТС «Санация») [19; 20].

Как и в большинстве российских городов, в г.о. Тольятти для восстановления трубопроводов систем водоснабжения используется преимущественно открытый способ, т. е. проведение земляных работ с раскопкой траншей или котлованов, ремонтом или заменой трубопровода. Чаще всего лишь в случае пересечения трубопроводов с автодорогами, чтобы предотвратить разрушение асфальтового покрытия и перекрытие движения автотранспорта, используются бестраншейные методы, такие как метод горизонтально-направленного бурения, метод «труба в трубе».

Предлагаемые на строительном рынке методы восстановления трубопроводов достаточно разнообразны. Инженерные коммуникации – особая сфера, которая требует более тщательной проработки при принятии решения. При малейшей ошибке решение вопроса в денежном выражении вырастает в несколько раз. Поэтому перед принятием решения необходимо провести диагностику трассы и на основе обследований выбрать метод восстановления трубопровода. В случае если трасса не подлежит ремонту, принимается решение ее замены. Отечественные и зарубежные производители предлагают обширный перечень оборудования для разрушения старых трубопроводов из любого материала с одновременной заменой их на полиэтиленовые трубы большего сечения. Подобное оборудование позволяет решить сразу несколько задач: избежать переключки трубопровода, увеличить пропускную способность. Несомненно, бестраншейные методы ремонта и замены коммуникаций значительно выгоднее, чем проектирование и строительство новых коммуникаций. И чем раньше мы сможем приступить к ремонту, тем выгоднее это для владельцев сетей и жителей городов. Наибольший интерес для формирования подходов к вопросам экологической безопасности и надежности при функционировании систем водоснабжения крупных городов представляют последние работы В.А. Орлова, С.В. Храменкова, О.Г. Примины, В.А. Харьковина [19–26]. В них наиболее полно освещен вопрос совершенствования методов бестраншейной реконструкции трубопроводных систем водоснабжения и водоотведения на примере г. Москвы. Большой вклад в развитие теории и практики водоснабжения вносят МГУП «Мосводоканал», НИИ ВОДГЕО, НИИ КВОВ, АКХ им. К.Д. Памфилова. В [22–24; 26] представлены сведения о последних достижениях в области бестраншейных технологий строительства, реконструкции, модернизации подземных инженерных сетей, систематизированы и проанализированы вопросы, связанные с использованием труб и защитных покрытий из традиционных и новых материалов, а также оборудования для бестраншейных технологий, описаны основные принципы современных методов локации, телеинспекции инженерных сетей, прочистки и эксплуатации подземных трубопроводов.

В последние десятилетия в сфере эксплуатации и ремонта городских коммунальных систем водоснабжения стало популярным направление, получившее название бестраншейной технологии восстановления (санации) старых (ветхих) и прокладки новых трубопроводов. Это направление является альтернативой открытому способу ремонта, реконструкции и строительства подземных трубопроводов любого предназначения [23].

Под бестраншейными технологиями понимаются технологии прокладки, замены, ремонта, инспекции и обнаружения дефектов в подземных коммуникациях различного назначения с минимальным вскрытием земной поверхности. Бестраншейные технологии санации и прокладки трубопроводов наряду с оперативностью и экономичностью по сравнению с традиционными методами (проведение работ открытым способом) позволяют не нарушать сложившуюся экологическую обстановку.

Целью бестраншейной технологии является полное восстановление структуры трубопровода путем устранения всех видов дефектов по длине труб и в местах их стыковки при соблюдении (поддержании) исходных гидравлических характеристик течения потока жидкости. Восстановление структуры призвано обеспечить механическую прочность сооружению (трубопроводу) для выдерживания им постоянных нагрузок (насыпного грунта, покрытий) и временных (транспортных средств). При этом восстановление структуры не должно сопровождаться появлением дополнительных проблем, которые ранее не наблюдались.

Для решения задачи по гарантированному обеспечению жителей г.о. Тольятти чистой питьевой водой необходима организация совместных действий органов исполнительной и законодательной власти, предприятий водного сектора, инвесторов, технических специалистов, населения города по созданию в водном секторе эффективных, качественно новых, современных форм и методов управления. Необходимо отметить, что восстановление сетей и сооружений требует серьезных предварительных проработок (научно-технических, экономических, организационных и т. д.), на которые может быть затрачено до 25 % средств, выделяемых на восстановление объекта. Об этом и о других проблемах этого направления будем представлять более обобщающие научные материалы в последующих статьях.

Выводы и рекомендации. Анализ существующего состояния сетей водоснабжения показал, что большинство трубопроводов водопроводной сети г.о. Тольятти имеет в настоящее время значительный физический износ, так как они были построены и введены в эксплуатацию в период бурного жилищного строительства прошлого века без учета требований надежности применяемым материалам и организационно-технических возможностей эксплуатирующих организаций.

Отсутствует единая информационная база о состоянии трубопроводов. Разрозненность первичной документации, такой как исполнительная документация, паспорта трубопроводов, паспорта аварий, инвентаризационные данные и пр., усложняет процесс оценки и составления прогноза показателей надежности, выбора приоритетных объектов санации трубопроводов, что в дальнейшем приводит к неэффективной эксплуатации трубопроводных систем. По этой причине необходимо создание единой электронной информационной базы.

Такая база данных позволит выбирать первоочередные объекты восстановления, к которым относятся объекты, имеющие наибольший риск аварий и которые в ближайшее время с экономической и с технической позиций окажутся непригодными для дальнейшего нормального функционирования, т. е. потребуются их восстановление.

В периоды чистки резервуаров, при полном срабатывании воды из резервуара перед чисткой и после хлорирования с водой выносятся взвесь в водопроводную сеть, в результате в питьевой воде возрастает содержание взвешенных веществ, а мутность воды превышает требования СанПиН 2.1.4.559-96. Взвесь оседает на стенках труб и создает условия для образования сульфида железа (черный тонкодисперсный осадок). При остановке резервуаров необходимо обеспечивать тщательную очистку стен и днища от отложений взвеси, не допускать мест с накоплением железистых отложений, в противном случае в этих местах будет образовываться сульфид железа, способствующий развитию железобактерий.

Как и в большинстве российских городов, в г.о. Тольятти для восстановления трубопроводов систем водоснабжения используется преимущественно открытый способ, т. е. проведение земляных работ с раскопкой траншей или котлованов, ремонтом или заменой трубопровода. Ухудшение состояния источников водоснабжения, возрастающий риск их антропогенного загрязнения в условиях маловодья и постоянного ужесточения нормативов качества питьевой воды обуславливают необходимость внедрения современных эффективных технологий.

Предлагаемые на строительном рынке методы восстановления трубопроводов достаточно разнообразны. Инженерные коммуникации – особая сфера, которая требует более тщательной проработки при принятии решения. При малейшей ошибке решение вопроса в денежном выражении вырастает в несколько раз. Поэтому перед принятием решения необходимо провести диагностику трассы и на основе обследований выбрать метод восстановления трубопровода. Несомненно, бестраншейные методы ремонта и замены коммуникаций значительно выгоднее, чем проектирование и строительство новых коммуникаций. Целью бестраншейной технологии является полное восстановление структуры трубопровода путем устранения всех видов дефектов по длине труб и в местах их стыковки при соблюдении (поддержании) исходных гидравлических характеристик течения потока жидкости. Восстановление структуры призвано обеспечить механическую прочность сооружению (трубопроводу) для выдерживания им постоянных нагрузок (насыпного грунта, покрытий) и временных (транспортных средств). При этом восстановление структуры не должно сопровождаться появлением дополнительных проблем, которые ранее не наблюдались. Для практической реализации алгоритма выбора потенциальных и приоритетных (первоочередных) объектов восстановления трубопроводов методами бестраншейных технологий (санации) разработано автоматизированное информационно-техническое обеспечение (система АИТС «Санация») [19; 20].

Для решения задачи по гарантированному обеспечению жителей г. Тольятти и других регионов России

чистой питьевой водой необходима организация совместных действий органов исполнительной и законодательной власти, предприятий водного сектора, инвесторов, технических специалистов, населения города по созданию в водном секторе эффективных, качественно новых, современных форм и методов управления. Необходимо отметить, что восстановление сетей и сооружений требует серьезных предварительных проработок (научно-технических, экономических, организационных и т. д.), на которые может быть затрачено до 25 % средств, выделяемых на восстановление объекта. Об этом и о других проблемах этого направления будем представлять более обобщающие научные материалы в последующих статьях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РФ. Правительство. Об утверждении Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года : распоряжение № 1235-р от 27.08.2009 (ред. от 28.12.2010).
2. Селезнева А.В., Селезнев В.А., Сайридинов С.Ш. Проблемы водоснабжения г. Тольятти и их обоснование решения комплексными исследованиями (на примере Автозаводского района) // Яковлевские чтения: сб. материалов IX научно-практ. конференции. М.: МГСУ, 2014. С. 18–21.
3. Селезнева А.В., Селезнев В.А., Сайридинов С.Ш. Инструмент превентивного воздействия. Экологическое нормирование биогенной нагрузки на источники питьевого водоснабжения (на примере Саратовского водохранилища) // Вода MagaZine. 2012. № 4. С. 40–43.
4. Селезнева А.В. От мониторинга к нормированию антропогенной нагрузки на водные объекты. Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2007. 105 с.
5. СанПиН 2.1.4.559-96. Питьевая вода: Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарные правила и нормы. М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1996. 11 с.
6. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002. 103 с.
7. СНиП 2.04.02-84*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. М.: Госстрой России, 2001. 128 с.
8. СНиП 2.04.01-85*. Внутренний водопровод и канализация зданий. М.: Госстрой России, 2000. 128 с.
9. СНиП 2.07.01-89*. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. М.: ФГУП ЦПП, 2005. 56 с.
10. Водоснабжение. Водоотведение. Оборудование и технологии / гл. ред. С.А. Грачев. М.: Стройинформ, 2006. 401 с.
11. Эксплуатация систем водоснабжения, канализации и газоснабжения / под ред. В.Д. Дмитриева. 3-е изд. Л.: Стройиздат, 1988. 383 с.
12. Монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации / под ред. А.К. Перешивкина. 4-е изд. М.: Стройиздат, 1988. 653 с.
13. Наладка и интенсификация работы городских систем подачи и распределения воды. М.: Стройиздат, 1978. 111 с.
14. Сайридинов С.Ш. Гидравлика систем водоснабжения и водоотведения. М.: АСВ, 2012. 352 с.
15. Сайридинов С.Ш. Основы гидравлики. М.: АСВ, 2014. 384 с.
16. Сомов М.А., Журба М.Г. Водоснабжение. Т. 1. Системы забора, подачи и распределения воды. М.: АСВ, 2008. 262 с.
17. Сайридинов С.Ш., Чернышева А.В. О причинах реконструкции трубопроводов водопроводных систем подачи и распределения воды // Природоресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России: материалы IX междунар. научно-практ. конференции. Пенза: МНИЦ ПГСХА, 2011. С. 98–102.
18. Сайридинов С.Ш. Влияния старения и коррозии трубопроводов водопроводных и водоотводящих сетей на качество транспортируемой воды ВНИИН-ТПИ Госстроя России // Экспресс-информация. Серия: Строительство и архитектура. 2004. № 1. С. 81–84.
19. Храменков С.В. Стратегия модернизации водопроводной сети. М.: Стройиздат, 2005. 400 с.
20. Орлов В.А., Харькин В.А. Стратегии и методы восстановления подземных трубопроводов. М.: Стройиздат, 2001. 96 с.
21. Храменков С.В., Примин О.Г. Регламент эксплуатации водопроводной сети г. Москвы. М.: Миклош, 2007. 224 с.
22. Храменков С.В., Примин О.Г., Орлов В.А. Бестраншейные методы восстановления трубопроводов. М.: Прима-Пресс-М, 2002. 283 с.
23. Храменков С.В., Примин О.Г., Орлов В.А. Бестраншейные методы восстановления трубопроводов. М.: ТИМР, 2009. 179 с.
24. Храменков С.В., Примин О.Г., Орлов В.А. Реконструкция трубопроводных систем. М.: АСВ, 2008. 216 с.
25. Храменков С.В., Примин О.Г., Орлов В.А., Отставнов А.А. Регламент использования полиэтиленовых труб для реконструкции сетей водоснабжения и водоотведения. М.: Миклош, 2007. 264 с.
26. Бестраншейные технологии в России. М.: ТА Инжиниринг, 2006. 304 с.

REFERENCES

1. RF Government Order "About the confirmation of water strategy of the Russian Federation for the period until 2020" of August 27, 2009 no. 1235-p (as amended by Order of December 28, 2010). (In Russ.).
2. Selezneva A.V., Seleznev V.A., Sayriddinov S.Sh. Problems of water supply of the city of Togliatti and their justification of the decision by complex research (on the example of Avtozavodskiy district). *Sbornik materialov IX nauchno-prakt. konf. "Yakovlevskie chteniya"*. Moscow, MGSU Publ., 2014, pp. 18–21.
3. Selezneva A.V., Seleznev V.A., Sayriddinov S.Sh. Tool of preventive action. Ecological regulation of biogenic load on the drinkable water supply sources (on the example of Saratov water storage basin). *Voda MagaZine*, 2012, no. 4, pp. 40–43.

4. Selezneva A.V. *Ot monitoringa k normirovaniyu antropogennoy nagruzki na vodnye obyekty* [From monitoring to regulation of anthropogenic load on water objects]. Samara, SNTs RAN Publ., 2007, 105 p.
5. SanPiN 2.1.4.559-96. *Pityevaya voda: Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody tsentralizovannykh sistem pityevogo vodosnabzheniya. Kontrol kachestva. Sanitarnye pravila i normy* [Drinkable water. Hygienic requirements to the quality of water of drinkable water central systems. Quality control. Sanitary rules and standards]. Moscow, Goskomsanepidnadzor Rossii Publ., 1996, 11 p.
6. SanPiN 2.1.4.1074-01. *Pityevaya voda. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody tsentralizovannykh sistem pityevogo vodosnabzheniya. Kontrol kachestva. Sanitarno-epidemiologicheskie pravila i normy* [Drinkable water. Hygienic requirements to the quality of water of drinkable water central systems. Quality control. Health and hygiene rules and standards]. Moscow, Federalniy tsentr Gossanepidnakhzora Minzdrava Rossii Publ., 2002, 103 p.
7. SNiP 2.04.02-84*. *Vodosnabzhenie. Naruzhnye seti i sooruzheniya* [Water supply. External networks and facilities]. Moscow, Gosstroy Rossii Publ., 2001, 128 p.
8. SNiP 2.04.01-85*. *Vnutrenniy vodoprovod i kanalizatsiya zdaniy* [Internal water pipeline and canalization of buildings]. Moscow, Gosstroy Rossii Publ., 2000, 128 p.
9. SNiP 2.07.01-89*. *Gradostroitelstvo. Planirovka i zastroyka gorodskikh i selskikh poseleniy* [Urban construction. Planning and building of urban and rural settlements]. Moscow, FGUP TsPP Publ., 2005, 56 p.
10. Grachev S.A., ed. *Vodosnabzhenie. Vodootvedenie. Oborudovanie i tekhnologii* [Water supply. Water disposal. Equipment and technology]. Moscow, Stroyinform Publ., 2006, 401 p.
11. Dmitrieva V.D., ed. *Ekspluatatsiya sistem vodosnabzheniya, kanalizatsii i gazosnabzheniya* [Operation of systems of water supply, canalization and gas supply]. 3rd ed. Leningrad, Stroyizdat Publ., 1988, 383 p.
12. Pereshivkina A.K., ed. *Montazh sistem vneshnego vodosnabzheniya i kanalizatsii* [Mounting of external water supply and canalization systems]. 4th ed. Moscow, Stroyizdat Publ., 1988, 653 p.
13. *Naladka i intensifikatsiya raboty gorodskikh sistem podachi i raspredeleniya vody* [Maintenance and intensification of operation of urban water supply and distribution systems]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1978, 111 p.
14. Sayriddinova S.Sh. *Gidravlika sistem vodosnabzheniya i vodootvedeniya* [Hydraulics of water supply and water disposal systems]. Moscow, ASV Publ., 2012, 352 p.
15. Sayriddinova S.Sh. *Osnovy gidravliki* [Basics of hydraulics]. Moscow, ASV Publ., 2014, 384 p.
16. Somov M.A., Zhurba M.G. *Vodosnabzhenie. Vol. 1. Sistemy zabora, podachi i raspredeleniya vody* [Water supply. V.1. Systems of water intake, transport and distribution]. Moscow, ASV Publ., 2008, 262 p.
17. Sayriddinov S.Sh., Chernyshova A.V. About the causes of reconstruction of pipelines of water supply systems of water transport and distribution. *Materialy IX mezhdunar. nauchno-prakt. konf. "Prirodoresursniy potentsial, ekologiya i ustoychivoe razvitie regionov Rossii"*. Penza, MNITs PGSKhA Publ., 2011, pp. 98–102.
18. Sayriddinov S.Sh. The influence of aging and corrosion of pipelines of water supply and water disposal networks on the quality of transposable water of All-Russia Science and Research Institute of Gosstroy of Russia. *Ekspress-informatsiya. Seriya Stroitelstvo i arkhitektura*, 2004, no. 1, pp. 81–84.
19. Khramenkov S.V. *Strategiya modernizatsii vodoprovodnoy seti* [Strategy of modernization of water system]. Moscow, Stroyizdat Publ., 2005, 400 p.
20. Orlov V.A., Kharkin V.A. *Strategii i metody vosstanovleniya podzemnykh truboprovodov* [Strategy and methods of reconstruction of underground pipelines]. Moscow, Stroyizdat Publ., 2001, 96 p.
21. Khramenkov S.V., Primin O.G. *Reglament ekspluatatsii vodoprovodnoy seti g. Moskvy* [Regulations for operation of water supply network of Moscow]. Moscow, Miklosh Publ., 2007, 224 p.
22. Khramenkov S.V., Primin O.G., Orlov V.A. *Bestransheyne metody vosstanovleniya truboprovodov* [Trenchless methods of pipelines reconstruction]. Moscow, Prima-Press-M Publ., 2002, 283 p.
23. Khramenkov S.V., Primin O.G., Orlov V.A. *Bestransheyne metody vosstanovleniya truboprovodov* [Trenchless methods of pipelines reconstruction]. Moscow, TIMP Publ., 2009, 179 p.
24. Khramenkov S.V., Primin O.G., Orlov V.A. *Rekonstruktsiya truboprovodnykh sistem* [Reconstruction of pipeline systems]. Moscow, ASV Publ., 2008, 216 p.
25. Khramenkov S.V., Primin O.G., Orlov V.A., Otstavnov A.A. *Reglament ispolzovaniya polietilennykh trub dlya rekonstruktsii setey vodosnabzheniya i vodootvedeniya* [Rules for applying polyethylene tubes for reconstruction of water supply and water disposal networks]. Moscow, Miklosh Publ., 2007, 264 p.
26. *Bestransheyne tekhnologii v Rossii* [Trenchless technologies in Russia]. Moscow, TA Inzhiniring Publ., 2006, 304 p.

HYDRAULIC AND TECHNOLOGICAL FOUNDATIONS OF WATER SUPPLY SYSTEMS OPERATION IN THE VOLGA REGION ENVIRONMENT

© 2015

S.S. Sayriddinov, PhD (Engineering), Associate Professor,
assistant professor of Chairs “Heat and gas-supply and ventilation, water supply and water disposal”,
“Energy machines and management systems”
Togliatti State University, Togliatti (Russia)

Keywords: water supply; surface sources; underground sources; natural water; anthropogenic pollutions; water intake; water consumption; drinkable water; purification plants; water supply network; pipelines; reconstructions; operation; water supply physical wear; trenchless technology; pipeline system reconstruction.

Abstract: The paper considers the state of networks and facilities and the ways of efficiency improvement of utility and drinking water supply systems operation in the Volga region environment using the example of Togliatti city district. The author defines the priorities according to the strategy of social and economic development of Samara region for the period until the year 2020. It is noted, that the main life spheres ensuring the safety of human life and health and, consequently, the increase of the amount of housing construction and the communal infrastructure, as well as the reduction of existing housing funds and communal infrastructure to the compliance with the quality standards are considered to be the priorities of state policy in the region. The supply of population with pure water is the priority problem which decision is necessary for health keeping and the human life level improvement. This paper gives the ecologo-statistical analysis of water supply sources, hydraulic and technological analysis of the processes of preparing and transporting drinkable water, the state of pipelines of water distribution and the degree of their breakdowns in order to make a decision on the ensuring of hydraulic decision, efficiency improvement of utility and drinking water supply and distribution while operating water supply systems of Russia using the example of Togliatti city district. The improvement of level of anthropogenic pollution of drinking water supply sources, the significant wear of buildings and equipment of water sector, the lack of reserve water source (Avtozavodskiy district) determine the topicality of the problem of guaranteed supply of population with pure drinking water and make it the priority task of social and economic development of Togliatti city district. It is noted, that in order to solve the problem of supply of population of Togliatti city district with pure drinking water it is necessary to organize united actions of executive and legislative authorities, water sector enterprises, investors, technical specialists, population on the creation in water sector of effective whole new modern forms and methods of management. The author recommends alternative variants of reconstruction and operation of networks and buildings of utility and drinking water supply systems in this region. The scale of the problem causes the necessity to develop the Program with the use of target-oriented solution for the complex of organizational and technical, juridical, economic, social and other objectives and actions ensuring the conditions for the Program implementation. The application of special-purpose approach should provide the effective solution of system problems within the city water sector at the account of implementation of the complex of program actions fit together by the objectives, resources and deadlines.