

С. Ш. САЙРИДДИНОВ
В. А. СЕЛЕЗНЕВ
Н. С. БУХМАН

О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

**ON SOME ASPECTS OF INCREASING THE EFFICIENCY OF EXISTING
ELEMENTS OF WATER SUPPLY SYSTEMS**

Повышение уровня антропогенного загрязнения территории источников питьевого водоснабжения, значительный износ сооружений и оборудования водного сектора определяют актуальность проблемы обеспечения жителей чистой питьевой водой и выводят ее в приоритетные задачи социально-экономического развития г. Тольятти. В статье рассматривается состояние действующих элементов хозяйственно-питьевых систем водоснабжения и степень их аварийности в условиях Поволжья на примере Тольятти. Приводятся результаты проведенных исследований с целью разработки рекомендаций по повышению эффективности работы элементов систем водоснабжения. Рекомендуются альтернативные варианты восстановления и эксплуатации сетей и сооружений систем хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Ключевые слова: водоснабжение, водопроводная сеть, трубопроводы, водопотребление, питьевая вода, водозабор, очистные сооружения, реконструкция, эксплуатация, бестраншейная технология

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. Согласно Стратегии социально-экономического развития Самарской области [1] безусловными приоритетами государственной политики в регионе будут являться основные сферы жизнедеятельности, обеспечивающие безопасность жизни и здоровья человека. Трудность ее решения обусловлена повсеместным ухудшением состояния источников питьевой воды, техническими трудностями получения питьевой воды, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам [2–7]. Повышение уровня антропогенного загрязнения территории источников питьевого водоснабжения, значительный износ сооружений

An increase in the level of anthropogenic pollution of the territory of drinking water supply sources, significant deterioration of structures and equipment in the water sector, determine the urgency of the problem of providing residents with clean drinking water and make it a priority task for the socio-economic development of the city. Tolyatti. The article examines the state of the operating elements of the drinking water supply systems and the degree of their accident rate in the Volga region on the example of G.O. Tolyatti. The results of the studies carried out with the aim of developing recommendations for improving the efficiency of the elements of water supply systems are presented. We recommend alternative options for the restoration and operation of networks and structures of drinking water supply systems in the region.

Keywords: water supply, water supply network, pipelines, water consumption, drinking water, water intake, treatment facilities, reconstruction, operation, trenchless technology

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. Тольятти. Возрастающие экологические требования предписывают необходимость повышения качества очистки природных и сточных вод [2–4]. Наиболее дорогим элементом комплекса водоснабжения любого большого города является система транспортирования питьевой и технической воды. Она включает водоводы, распределительную сеть и устанавливаемые на ней сооружения и арматуру для выключения, регулирования, обслуживания, ремонта и обеспечения надежной и безаварийной работы трубопроводов. Стоимость систем подачи и распределения воды составляет от 40 до 70 % стоимости всей системы водоснабжения города. В связи с этим поддержание высокой

работоспособности систем транспортирования воды (т. е. своевременное и эффективное техническое обслуживание, ремонт трубопроводов и оборудования по причине их старения или преждевременного износа) остается для городских коммунальных служб приоритетным.

Централизованное водоснабжение жителей Тольятти осуществляется в Автозаводском районе посредством водозаборных и очистных сооружений ОАО «АвтоВАЗ» из поверхностного источника – Куйбышевского водохранилища на р. Волге. Очистные сооружения водопровода построены по проектам, разработанным в 1967 г., эксплуатируются с 1969 г. и предназначены для подготовки производственной и питьевой воды для нужд ОАО «АвтоВАЗ», его предприятий и жилищного фонда Автозаводского р-на Тольятти. Проектная производительность насосной станции первого подъема ОАО «АвтоВАЗ» составляет 480 тыс. куб. м в сутки, производительность очистных сооружений водоснабжения – 305 тыс. куб. м в сутки. 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]. Защита систем 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 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 амортизированных сетей водоснабжения достигает от 30 км и более.

Для хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Тольятти (Центрального и Комсомольского р-нов) 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 2.1.4.559–96 и СанПиН 2.1.4.1074–01 [5,6], поэтому на всех водозаборах отсутствуют системы водоподготовки.

Для водоснабжения Центрального и Комсомольского р-нов г. 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. м.

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

Анализ существующего состояния сетей водоснабжения, проведенный организацией водопроводно-канализационного хозяйства, показал, что износ составляет 84,67 %, для поддержания системы водоснабжения в технически исправном состоянии требуется ежегодно перекладывать 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, диаметрами от 25 до 1400 мм) представляют собой кольцевые водопроводные сети, включающие магистральные водоводы и разводящую уличную и внутриквартальную сеть (рис. 1).

Давление в сети центральной части Комсомольского р-на и жилого массива «Шлюзовой»

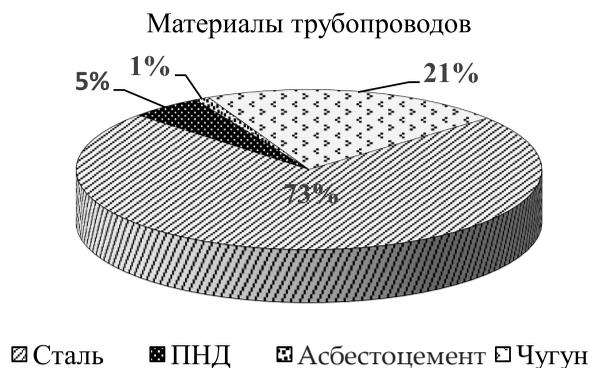


Рис. 1. Материалы труб Центрального и Комсомольского р-нов Тольятти

определяется уровнем воды в резервуарах водозаборов, а в водопроводных сетях Центрального р-на и мкр. «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 2.04.02–84 [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 улиц Ярославской и 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: рост нерациональных потерь воды потребителями; 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 [8–11]. Анализ структуры водопроводной сети показывает четко выраженную систему водоводов и переключек. Анализ работы водопроводной сети при максимальном часовом водопотреблении показывает следующее:

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 до 0,99 м/с, причем большее число участков (67,6 % от общего количества) работают со скоростями менее 0,3 м/с.

На рис. 2 представлена гистограмма распределения участков по их загрузке в процентном соотношении. Только 15 % участков работают со скоростями более 0,5 м/с. Потери напора в участках небольшие, поэтому разница в пьезометрических напорах между точкой подклю-

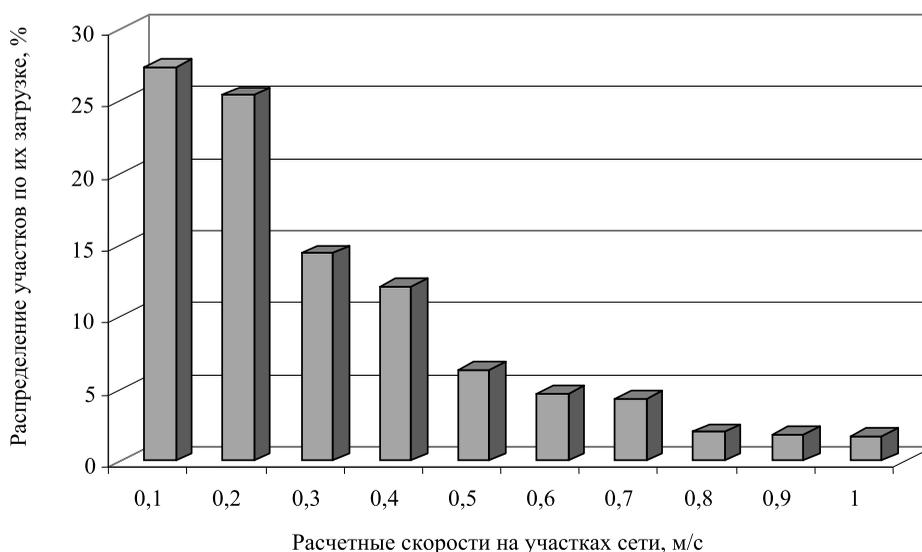


Рис. 2. Распределение участков сети по скорости

чения 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. Скорость на других водоводах меняется по мере разбора воды.

Важен следующий факт. Наблюдается стабильное водопотребление в ночные часы суток, которое примерно в два раза меньше максимального. Это говорит о том, что в общем объеме водопотребления есть постоянная составляющая – утечки воды у потребителя. Такое положение дел характерно для систем водоснабжения с высоким давлением в водопроводной сети [12–14]. В таких случаях фактическое водопотребление превышает нормативное.

По состоянию до 2011 г. наличие повреждений на стальных водопроводных сетях подтверждает их физический износ [15, 16]. На рис. 3 представлена диаграмма изменения количества повреждений *n* в зависимости от изменения диаметра стальных трубопроводов.

Производственной программой перекладки 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 отказов и повреждений, причем для устранения трети из них требуется проведение раскопочных работ.

Увеличение дефектов на сетях водопровода связано с продолжением «старения» [15, 16]. В настоящее время из 480,58 км водопровода в аренде, 336,06 км имеет износ 92–100 %. Для поддержания уровня износа сетей необходимо ежегодно переключать 21,26 км сетей (см. таблицу), что способствует допустимости эксплуатации водопроводных сетей и снижения уровня износа по общей протяженности сети водопровода.

Для обновления сетей водопровода объём плановой перекладки должен превышать амортизационный износ. Планы ремонтов на будущие годы разрабатываются исходя из про-

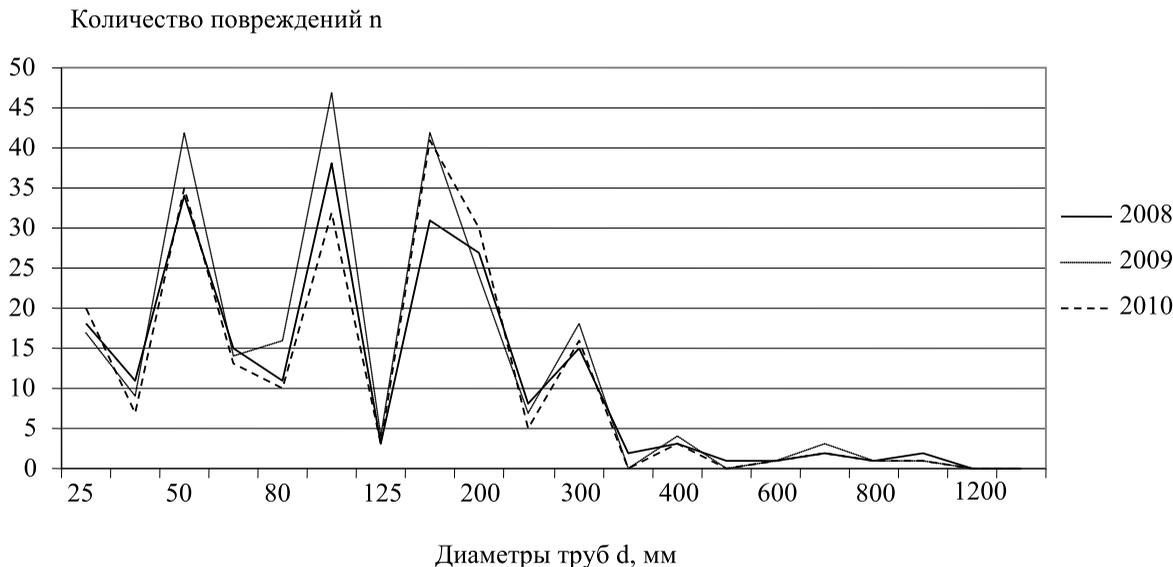


Рис. 3. Повреждения на стальных трубопроводах

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	3,3	0,11	0,00
Итого:		480,58	21,26

гноза 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 более или менее 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.

Согласно собранным данным сделан вывод, что наибольшее количество отказов (35 %) приходится 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. По состоянию на 2011 г. зафиксировано 459 отказов (из них: в колодце – 299 шт.; в траншее (на трубопроводе) – 160 шт.) на сетях водопровода, находящихся в эксплуатации организации водопроводно-канализационного хозяйства, а также на частных сетях водопровода (рис. 4–6). Под отказом понимается событие, когда сети и их элементы полностью или частично перестают выполнять свои функции, т. е. функции водообеспечения.

Причиной сложившейся ситуации стало низкое качество материала трубопроводов. Большинство трубопроводов водопроводной сети г. Тольяти 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 применяемых материалов и организационно-технических возможностей эксплуатирующих организаций. Причины сложившейся в последние годы напряженной ситуации с обеспечением надежности водопроводной сети связаны с тем, что, вопреки требованиям СНиПов, 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.

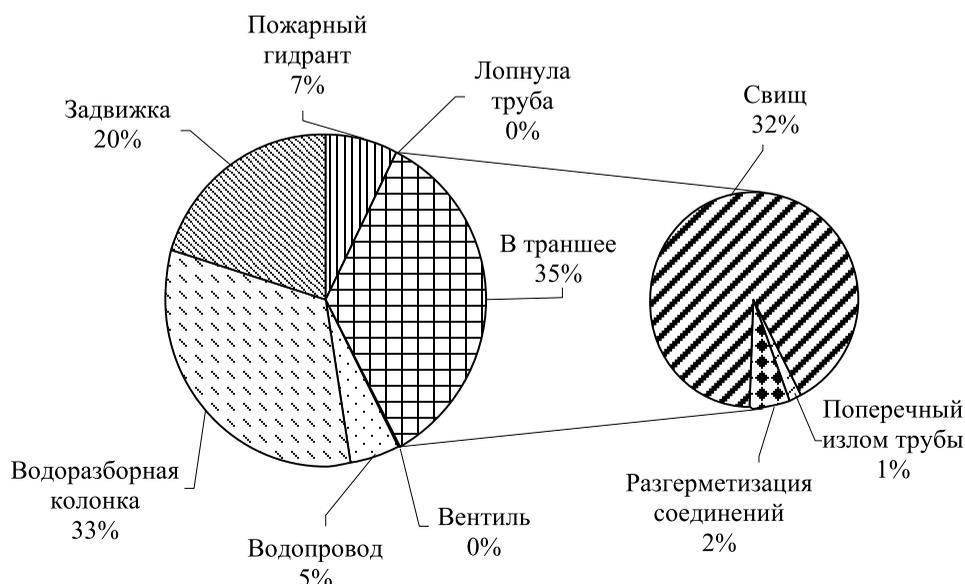


Рис. 4. Отказы на сетях водопровода



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

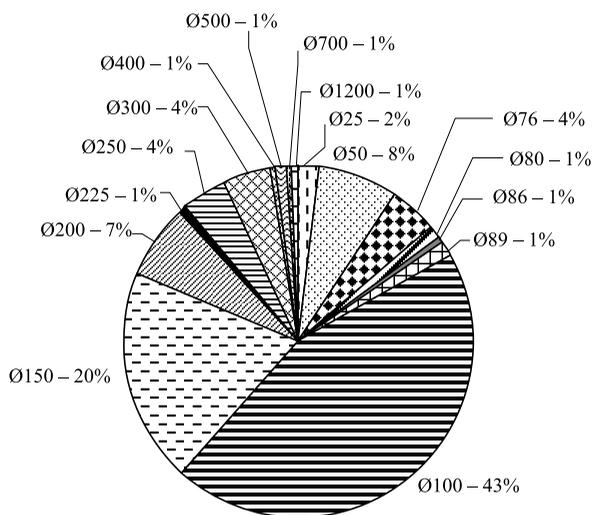


Рис. 6. Отказы на трубопроводе (в траншее) по диаметрам

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 в виде бикарбоната закиси железа $[Fe(HCO_3)_2]$. Такая вода в первое время по выходе 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.

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 вы-

деляется осадок гидроокиси железа, так как железо окисляется легче, чем марганец. Марганец растворенным в воде кислородом при $pH < 7$ не окисляется.

Практикой установлено, что окисление марганца и железа осуществляется хлорированием. Хлор окисляет Mn^{2+} в Mn^{3+} при $pH = 6,5-7$ за 2-3 часа. Расход хлора на окисление 1 мг марганца в отсутствии аммонийных солей составляет примерно 1,3 мг, при наличии NH_4^+ расход хлора возрастает 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 и соответственно 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 оседает на стенках труб. В результате этот осадок накапливается и периодически, срываясь со стенок (изменяется скорость, направление движения воды), снижает 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 2.1.4.559–96 [5] по всем показателям, кроме железа общего и марганца. Средние концентрации железа и марганца соответствуют согласованным значениями (не превышают 0,8 и 0,5 мг/л).

2. 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 [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. Тольятти была выявлена существенная проблема – отсутствие единой информационной базы. 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. Поэтому 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) [17]: паспортов участков сети; паспортов водосчетчиков; паспортов колодцев и камер; паспортов водопроводного ввода; эскизов детальной заборной 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, перекадку, 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 не пригодными 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») [17,18].

Как и в большинстве российских городов, в 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 по ее замене. 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 перекадки трубопровода, увеличить пропускную способность. Несомненно, бестраншейные методы ремонта и замены коммуникаций значительно выгоднее, чем проектирование и строитель-

ство новых коммуникаций. И чем раньше мы сможем приступить к ремонту, тем выгодней 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. Примина, В.А. Харькина [17–24]. В них наиболее полно освещен вопрос совершенствования методов бестраншейной реконструкции трубопроводных систем водоснабжения и водоотведения на примере Москвы. Большой вклад в развитие теории и практики водоснабжения вносят МГУП «Мосводоканал», НИИ ВОДГЕО, НИИ КВОВ, АКХ им. К.Д. Памфилова. В [20–22,24] 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 назначения [25].

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 путём 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.

Выводы и рекомендации

Анализ существующего состояния сетей водоснабжения показал, что большинство трубопроводов водопроводной сети г. 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 применяемых материалов и организационно-технических возможностей эксплуатирующих организаций.

Отсутствует единая информационная база о состоянии трубопроводов. Разрозненность первичной документации усложняет процесс оценки и составления прогноза показателей надежности, выбора приоритетных объектов санации трубопроводов, что в дальнейшем приводит к неэффективной эксплуатации трубопроводных систем. Создание единой электронной информационной базы позволит выбирать первоочередные объекты восстановления, к которым относятся объекты, имеющие наибольший риск аварий, т. е. потребуются их восстановление.

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). При остановке резервуаров необходимо обеспечивать тщательную очистку стен и дна 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. 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 выгодней, чем проектирование и строительство новых коммуникаций. Целью бестраншейной технологии является полное восстановление структуры трубопровода путём 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») [17,18].

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 серьёзных 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 данного направления будем представлять более обобщающие научные материалы в последующих статьях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Распоряжение Правительства РФ «Об утверждении Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года» от 27.08.2009 № 1235-р (ред. от 28.12.2010).
2. Селезнева А.В., Селезнев В.А., Сайриллинов С.Ш. Проблемы водоснабжения г.Тольятти и их обоснование решения комплексными исследованиями на примере Автозаводского района // Материалы научно-практической конференции «Яковлевские чтения», посвященной 100-летию памяти академика РАН С.В. Яковлева. М.: МГСУ, 2014. С. 82–87.
3. Селезнева А.В., Селезнев В.А., Сайриллинов С.Ш. Экологическое нормирование биогенной нагрузки на источники питьевого водоснабжения (на примере Саратовского водохранилища) // Вода MagaZine (для профессионалов водного рынка). 2012. № 4. С. 40 – 43.
4. Селезнева А.В. От мониторинга к нормированию антропогенной нагрузки на водные объекты: монография / Сам НЦ РАН. Самара, 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.,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., 2002. 103 с.
7. СНиП 2.04.02-84*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения: взамен СНиП II-31-74: введ.01.01.85. М., 2001. 128 с.
8. Водоснабжение. Водоотведение. Оборудование и технологии: справочник / гл. ред. С.А. Грачев. М.: Стройинформ, 2006. 401 с.
9. Эксплуатация систем водоснабжения, канализации и газоснабжения: справочник / под ред. В.Д. Дмитриева. 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Стройиздат,1988. 383 с.
10. Монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации: справочник строителя / под ред. А.К. Перешивкина. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат,1988. 653 с.
11. Наладка и интенсификация работы городских систем подачи и распределения воды: справочник строителя. М.: Стройиздат,1978.
12. Сайриллинов С.Ш. Гидравлика систем водоснабжения и водоотведения. М.: Издательство АСВ, 2012. 352 с.
13. Сайриллинов С.Ш. Основы гидравлики. М.: Издательство АСВ, 2014. 384 с.
14. Сомов М.А., Журба М.Г. Водоснабжение. Т. 1. Системы забора, подачи и распределения воды. М.: Издательство АСВ, 2008. 262 с.
15. Сайриллинов С.Ш., Чернышева А.В. О причинах реконструкции трубопроводов водопроводных систем подачи и распределения воды // Природно-ресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России: материалы IX международной научно-практической конференции. Пенза, 2011. С. 98–102.
16. Сайриллинов С.Ш. Влияние старения и коррозии трубопроводов водопроводных и водоотводящих сетей на качество транспортируемой воды /

ВНИИТПИ Госстроя России. Серия «Строительство и архитектура»: экспресс-информация (зарубежный и отечественный опыт). Вып. 1. М., 2004. С. 81–84.

17. Храменков С.В. Стратегия модернизации водопроводной сети. М.: Стройиздат, 2005. 400 с.

18. Орлов В.А., Харьков В.А. Стратегии и методы восстановления подземных трубопроводов. М.: Стройиздат, 2001. 96 с.

19. Храменков С.В., Примин О.Г. Регламент эксплуатации водопроводной сети г. Москвы. М.: Миклош, 2007. 224 с.

20. Храменков С.В., Примин О.Г., Орлов В.А. Бестраншейные методы восстановления трубопроводов. М.: Издательство Прима-Пресс-М, 2002. 283 с.

21. Храменков С.В., Примин О.Г., Орлов В.А. Бестраншейные методы восстановления трубопроводов. М.: ТИМР, 2009. 179 с.

22. Храменков С.В., Примин О.Г., Орлов В.А. Реконструкция трубопроводных систем. М.: Издательство АСВ, 2008. 216 с.

23. 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.

24. Бестраншейные технологии в России: справочник. М.: ТА Инжиниринг, 2006. 304 с.

REFERENCES

1. *Rasporyazhenie Pravitel'stva RF «Ob utverzhdenii Vodnoj strategii Rossijskoj Federacii na period do 2020 goda»* [Order of the Government of the Russian Federation «On approval of the Water Strategy of the Russian Federation for the period up to 2020»], 2009, August 27, no. 1235-r (edited. from 28.12.2010).

2. Selezneva A.V., Seleznev V.A., Sayriddinov S.Sh. Problems of water supply in Togliatti and their justification for solving complex studies. *Sbornik trudov hauchno prakticheskoy konferencii « Yakovlevskie chteniy », posvyshchennoy 100 letiyakademika RAN S.V.Yakovleva.* [The collection Scientific-practical conference “Yakovlev’s Readings” dedicated to the 100th anniversary of the memory of Academician of the Russian Academy of Sciences S.V. Yakovleva]. Moscow, MGSU Publ., 2014, pp. 82-87 (in Russian).

3. Selezneva A.V., Seleznev V.A., Sayriddinov S.Sh. Ecological regulation of nutrient load on drinking water supply sources (on the example of the Saratov reservoir). *ZHurnal «Voda MagaZine»* (dlya professionalov vodnogo rynka) [Water MagaZine (for professionals of the water market)], 2012, no. 4, pp. 40-43 (in Russian).

4. Selezneva A.V. *Ot normirovaniyu k antropogennoy nagruzki na vodniy obyekt. Monografiy* [From monitoring to regulation of anthropogenic load on water bodies. Monograph]. Samara, Ed. NTS RAN, 2007. 105p.

5. SanPiN 2.1.4.559-96. *Pit'evaya voda: Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody centralizovannyh sistem pit'evogo vodosnabzheniya. Kontrol' kachestva. Sanitarnye pravila i*

normy [Federal sanitary rules, norms and hygienic standards (SRIHS) 2.1.4.559-96. Quality control]. Moscow, Goskomsanepidnadzor of Russia, 1996. 11 p.

6. SanPiN 2.1.4.1074-01. *Pit'evaya voda. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody centralizovannyh sistem pit'evogo vodosnabzheniya. Kontrol' kachestva. Sanitarno-epidemiologicheskie pravila i normativy* [Sanitary rules, norms and hygienic standards (SRIHS) 2.1.4.1074-01. Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems]. Quality control. Moscow, Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Ministry of Health of Russia, 2002. 103 p.

7. SNiP 2.04.02-84*. *Vodosnabzhenie. Naruzhnyye seti i sooruzheniya: vzamen SNiP II-31-74: vved.01.01.85* [Building codes (BC) 2.04.02-84 *. Water supply. External networks and structures: instead of Building codes and regulations II-31-74: introduced. 01.01.85]. Moscow: Gosstroy of Russia: GUP TSPP, 2001. 128 p. (

8. *Vodosnabzhenie. Vodootvedenie. Oborudovanie i tekhnologii* [Water supply. Wastewater disposal. Equipment and technologies]. Ch. ed. S.A. Grachev. Moscow: Stroyinform, 2006. 401 p.

9. *Ekspluatatsiy sistem vodosnabzheniy, i kanalizatsii i gazosnabzheniy. Spravochnik* [Operation of water supply, sewerage and gas supply systems], 3rd ed. Leninograd, 1988. 383p.

10. *Montazh sistem vhechnego vodosnabzheniy i kanalizatsii. Spravochnik stroitely* [Builder’s guide. Installation of external water supply and sewerage systems. Builder’s Handbook], 4th ed. A.K. Pereshivkin. Moscow: Stroyizdat, 1988. 653 p.

11. *Naladka i intensivatsiy raboti gorodskih sistem podachi i raspredeleniy vody* [Builder’s Handbook. Adjustment and intensification of the work of urban water supply and distribution systems]. Moscow: Stroyizdat, 1978.

12. Sayriddinov S.Sh. *Gidravlika sistem vodosnabzheniy i vodootvedeniy. Uchebnoe posobie dly vuzov* [Hydraulics of water supply and sewerage systems. Study guide for higher education]. Moscow: Publishing house ASV, 2012. 352p.

13. Sayriddinov S.Sh. *Osnovy gidravliki. Uchebnik dly vuzov* [Fundamentals of hydraulics. Textbook for universities]. Moscow: Publishing house ASV, 2014. 384p.

14. Somov M.A., Zhurba M.G. *Vodootvedenie. Tom 1. Sistema zabora, podachi i raspredeleniy vody. Uchebnik dly vuzov* [Water supply. Volume 1. Systems of intake, supply and distribution of water. Textbook for universities.]. Moscow: Publishing house ASV, 2008. 262p.

15. Sayriddinov S.Sh., Chernysheva A.V. On the reasons for the reconstruction of pipelines of water supply and distribution systems. *V sbornike trudov Mezhotraslevooy nauchno-informatcionnogo tsentra Penzenskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii « Prirodo- resursnyy potential , ekologiy i ustoychivoe rasvitiye regionov Rossii»* [In the collection of works of the Interdisciplinary Scientific Information Center of the Penza Agricultural Academy “Natural resource potential, ecology and sustainable development of Russian regions.. Materials of the IX – th

international scientific and practical conference”]. Penza, 2011, pp. 98-102. (in Russian).

16. Sayriddinov S.Sh. *Vliyaniya stareniya i korrozii truboprovodov vodoprovodnykh i vodootvodyashchih setej na kachestvo transportiruemoj vody* [Influence of aging and corrosion of pipelines of water supply and drainage networks on the quality of transported water]. VNIINTPI Gosstroy of Russia. Series “Construction and Architecture”. Express – information (foreign and domestic experience), Issue 1. Moscow, 2004, pp. 81-84. (in Russian).

17. Khramenkov S.V. *Strategiy modernizatsii vodoprovodnoy seti* [Water supply network modernization strategy]. Moscow: Stroyizdat, 2005. 400p.

18. Orlov V.A., Khar'kin V.A. *Strategii i metody vosstanovleniy pdzemnykh truboprovodov* [Strategies and methods for the restoration of underground pipelines]. Moscow: Stroyizdat, 2005. 96p.

19. Khramenkov S.V., Primin O.G. *Reglament ekspluatatsii vodoprovodnoy seti* [Regulations for the operation of the water supply network of the city of Moscow]. Moscow: Miklos, 2007. 224p.

20. Khramenkov S.V., Primin O.G., Orlov V.A. *Bestransheynie metody vosstanovleniy truboprovodov* [Trench-

less methods of pipeline rehabilitation]. Moscow: Publishing house Prima-Press-M, 2002. 283p.

21. Khramenkov S.V., Primin O.G., Orlov V.A. *Bestransheynie metody vosstanovleniy truboprovodov* [Trenchless methods of pipeline restoration]. Moscow: TIMR, 2009. 179 p.

22. Khramenkov S.V., Primin O.G., Orlov V.A. *Rekonstruktsiy truboprovodnykh sistem* [Reconstruction of pipeline systems]. Moscow: Publishing house of the Association of building universities, 2008. 216 p.

23. Khramenkov S.V., Primin O.G., Orlov V.A., Ostavnov A.A. *Reglament ispolzovaniy polietilenovikh trub dly rekonstruktsii setey vodosnabzheniy* [Regulations for the use of polyethylene pipes for the reconstruction of water supply and sewerage network]. Moscow: Miklos, 2007. 264p.

24. *Bestransheynie tekhnologii v Rossii. Spravochnik obshchestvo po vnedreniy Bestransheynikh tekhnologiy* [Trenchless Technologies in Russia: A Guide to the Society for the Implementation of Trenchless Technologies]. Moscow: Publishing house: TA Engineering, 2006. 304p.

Об авторах:

САЙРИДДИНОВ Сайриддин Шахобович

кандидат технических наук, доцент Центра инженерного оборудования, профессор Российской академии естествознания Тольяттинский государственный университет Архитектурно-строительный институт 445667, Россия, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14, тел. (8482)53-92-65,53-91-35 E-mail: mrsso@yandex.ru

СЕЛЕЗНЕВ Владимир Анатольевич

доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией мониторинга водных объектов Институт экологии Волжского бассейна РАН 445003, Россия, г. Тольятти, ул. Комзина, 10 E-mail: seleznev 53@ mail. ru

БУХМАН Николай Сергеевич

доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры физики Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел. (846)2423579 E-mail: physics@samgtu.ru

SAYRIDINNOV Sayriddin Sh.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Engineering Equipment Center, Professor of the Russian Academy of Natural Sciences Togliatti State University Architectural and Construction Institute 445020, Russia, Togliatti, Belorusskaya str., 14, tel. (8482) 53-92-65,53-91-35 E-mail: mrsso@yandex.ru

SELEZNEV Vladimir A.

Doctor of Engineering Science, Professor, Head of the Laboratory of Water Bodies Monitoring Institute of Volga Basin Ecology, Russian Academy of Sciences 445003, Russia, Togliatti, Komzina str., 10 E-mail: seleznev 53@ mail. ru

BUKHMANN Nikolai S.

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Professor of Physics Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 tel. (846)2423579 E-mail: physics@samgtu.ru

Для цитирования: Сайриддинов С.Ш., Селезнев В.А., Бухман Н.С. О некоторых аспектах повышения эффективности действующих элементов систем водоснабжения // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, № 4. С. 11–21. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.04.2.

For citation: Sayriddinov S.Sh., Seleznev V.A., On some aspects of increasing the efficiency of existing elements of water supply systems. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021. Vol. 11, no. 4. Pp. 11–21. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.04.2.