ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 628.1:628.21

DOI: 10.17673/Vestnik.2016.03.5

Е. М. ГАЛЬПЕРИН

О ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СЕТИ

ABOUT SEWAGE SYSTEM TECHNICAL MAINTENANCE

В работе рассматривается надёжность и особенности технического обслуживания самотечной части канализационной сети, которая представляет ее преобладающий фрагмент. Отмечается особенность самотечной канализационной сети, которая отличает ее от других элементов инфраструктуры города. Анализируются затраты, связанные с переходом на новый технический уровень обслуживания канализационной сети, и получаемые в связи с этим выгоды. Отмечены недостатки существующей нормативно-правовой базы в данном вопросе. Уделено внимание классификации обнаруженных дефектов и их влиянию на возможность возникновения аварии.

Ключевые слова: канализационная сеть, замкнутая система телевидения, затраты и выгоды, классификация дефектов

Канализационная сеть отличается от других трубопроводных систем инфраструктуры города тем, что начало разрушения и его дальнейшее развитие практически не поддается наблюдению и обнаруживается только при аварии. Современные технические средства, особенно система замкнутого телевидения, позволяет отслеживать изменения состояния канализационной трубы, прогнозировать её ухудшение и предупреждать возникновение аварийного состояния. Это другой, более высокий уровень технического обслуживания. Трубопроводные сети инженерной инфраструктуры города, такие как водопровод, тепловые и газовые сети имеют напорный характер движения продукта. Нарушение герметичности в таких сетях относительно быстро обнаруживается потребителем в результате наступления аварийной ситуации. Трещина трубы в напорной сети под сильным гидродинамическим воздействием приводит к утечке рабочего продукта в количестве, проявление которого на поверхности земли или в воздухе делает очевидным ее неисправное состояние, в то время как истечение стоков в канализацион-

Sewage system is standing out from other pipeline systems of city infrastructure in that the beginning of destruction and its propagation are revealed on only accident occasion. Modern techniques – particularly closed-circuit TV system – permit to control sewer lines state changes, to predict their failures and prevent emergency situations. This is more advanced service level. The article analyses costs owing to up-coming transition as well as related advantages. Existing defaults of legal and regulatory framework are highlighted. Defects classification and their casualty-producing capacity are described.

Keywords: sewage system, closed-circuit TV system, costs and revenues, defects classification

ной сети в небольшом количестве и под малым напором может длиться весьма продолжительное время, годами формируя аварийную ситуацию.

В канализационной сети причины ее неисправности не всегда столь очевидны и иногда совершенно не вызывают недовольство потребителей. Среди неисправностей канализационной сети есть такие, установить которые не так легко. Например, среди неисправностей канализационной сети существует эксфильтрация, когда через неплотности труб (стыковых соединений, трещин и т. д.) в окружающий грунт просачивается неочищенная сточная жидкость, загрязняя грунт и подземные воды. Если продуктов эксфильтрации небольшое количество, то они растекаются через поры и трещины в грунте, не выходя на земную поверхность. Аналогичное действие другой неисправности канализационной сети – инфильтрация. При ней через неплотности труб в канализационную сеть поступают подземные воды из окружающего трубу пространства. В результате увеличивается расход воды в трубе, нарушается расчетный режим, возрастает нагрузка на насосные

станции и очистные сооружения канализации. Установить место таких неисправностей на начальном этапе их возникновения практически невозможно, они будут действовать до тех пор, пока какой-либо случай не позволит их обнаружить. Часто движение воды в окружающих трубу породах приводит к постепенному переносу частиц грунта и образованию пустот под поверхностью земли. Обрушение таких пустот может привести к образованию воронки на поверхности земли и повреждению канализационной трубы. Таким образом, незначительные на первый взгляд неисправности в канализационной сети, которые нелегко обнаружить вначале, со временем становятся все более опасными и разрушительными, что может привести к серьезным авариям на канализационной сети, ликвидация последствий которых может потребовать значительных средств.

Особенность канализационной сети, которая делает незаметным для окружающих ее неисправности, до тех пор пока они не проявятся в виде провалов на канализационных коллекторах либо какими-либо другими авариями, делает важным и ответственным мероприятием ее регулярное техническое обслуживание. Следует иметь в виду, что речь идет о техническом обслуживании подземных трубопроводов, по которым протекают достаточно агрессивные сточные воды. В 60-е гг. XX в. эксплуатация канализационной сети проводилась путем осмотра колодцев и их составляющих (люков, скоб, лотков, характера движения воды и т. д.). Техническое состояние проходных коллекторов проводилось с выпуском сточных вод в реку через аварийные выпуски, что при ухудшающейся экологии стало возможным только при чрезвычайных обстоятельствах. Состояние непроходных коллекторов фактически определяется только частотой аварии на них.

В настоящее время положение со средствами диагностики технического состояния канализационной сети существенно изменилось. Появился целый ряд приборов для диагностики технического состояния подземных трубопроводов [1, 2]. Особую популярность для диагностики технического состояния канализационной сети приобрела система замкнутого телевидения. Телевизионная камера на поплавке или тележке перемещается внутри трубы, передавая оператору на дисплей виды внутренней поверхности трубы. Система замкнутого телевидения широко используется при реновации подземных трубопроводов бестраншейным способом.

Согласно работе [3] инспекционный диагностический контроль состояния подземных трубопрово-

дов с помощью современных телесистем с цветной поворотной камерой производится в следующих случаях:

- для оценки состояния действующих сетей;
- для выявления состояния трубопровода перед проведением бестраншейной реновации сетей;
- то же, после реновации как традиционными траншейными методами, так и бестраншейными;
- то же, при приеме в эксплуатацию вновь построенных трубопроводов.

Телевизионные установки для осмотра внутренних поверхностей канализационных сетей имеются на ряде предприятий, эксплуатирующих такие объекты. В случае, если предприятие не владеет данными установками, эту работу можно выполнять подрядным способом, привлекая специализированные организации [4]. Для того чтобы оправдать затраты на работы по оценке состояния канализационной сети, требуется их рассчитать и сравнить с предполагаемой пользой и выгодой от проведенных работ. Эту выгоду следует представить в столь очевидном виде, чтобы польза была ясна лицам, принимающим решение на выделение финансов на развитие работ по оценке состояния канализационной сети. Затраты на проведение работ по оценке состояния содержат как прямые расходы на инспекцию, так и косвенные расходы эксплуатирующей сеть организации и других участников этой работы, связанной с инвентаризацией собранных данных и их анализом.

В частности, расходы на выполнение оценки состояния канализационной сети включают:

- затраты на оборудование и трудовые затраты на проведение мероприятия по оценке состояния на месте инспекции, включая раскопку, управление движением, восстановление дорожного покрытия, мониторинг и сбор данных;
- затраты на оплату труда до и после выезда на место оценки состояния для планирования, анализа данных и составление отчета;
- стоимость работ со сбоями, возникающими из-за инспекционной работы.

Кроме того, следует учитывать затраты, связанные с конкретной технологией инспекции, с некоторыми характеристиками исследуемого участка канализационной трубы, затраты, связанные с особенностью площадки, на которой разворачивается оборудование. Это и затрудненный подход к площадке, и большая глубина воды в трубе, и немалое количество продуктов разрушения; слишком большой или наоборот маленький размер трубы также

может потребовать дополнительные расходы. Только прочистка трубы может удвоить или утроить издержки. Расход на инспекцию варьируется от того, как организована работа – подрядным способом или непосредственно силами эксплуатирующей организации. Капиталовложения на инспекцию для каждого конкретного случая будут свои, учитывающие специфику проведения работ.

Выгоду от проведения оценки состояния канализационной сети подсчитать еще труднее. Преимущества главным образом связаны с уменьшением риска (вероятности) аварии и ее последствиями и получением знаний, которые позволяют производить обслуживание, реабилитацию и замену труб канализационной сети по наиболее экономному, эффективному решению.

Конкретные преимущества программы оценки состояния могут включать:

- сведение к минимуму вероятности внезапной аварии с возможными человеческими жертвами;
- снижение процесса эксфильтрации и инфильтрации;
- избежание дополнительных затрат на здравоохранение в результате травм, несчастных случаев, вспышки эпидемий от катастрофического разрушения на канализационной сети;
- улучшение планирования приоритетных для реконструкции и прокладки участков, избежание преждевременной их реконструкции или перекладки в результате владения достоверной информацией об оценке состояния труб канализационной сети;
- повышение надежности функционирования канализационной сети.

Остановимся более подробно на этих преимуществах.

Как свидетельствует практика, внезапная авария на канализационной сети может привести к человеческим жертвам. Многим памятна трагедия в г. Брянске, когда внезапно обрушилась тротуарная плитка и мать с малышом в коляске упали в канализационный коллектор. Женщине чудом удалось спастись, тело ребенка нашли через сутки в районе очистных сооружений [5]. К сожалению, это не единственный случай гибели человека в результате внезапной аварии на канализационном коллекторе.

Эксфильтрация и инфильтрация происходит через трещины в трубах, неплотности стыков и другие дефекты герметичности. «Из-за значительного увеличения расхода городских сточных вод за счет инфильтрации отечественными и зарубежными спе-

циалистами рекомендуется увеличивать производительность проектируемых сооружений, в частности насосных станций, на 40 %, очистных сооружений на 25 %. В Швеции канализационные очистные сооружения проектируют на пропуск 150 % от расчетного расхода. В США рекомендуют приток инфильтрационных вод оценивать в 15–50 % от суточного расхода или 3–5 % максимального часового притока. Согласно нормативным документам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) величина расчетного расхода городских сточных вод при проектировании систем водоотведения должна быть увеличена за счет инфильтрации на 1 л/с на 1 км водоотводящей сети» [3]. Следовательно, в трубопровод канализационной сети в 1000 км за сутки поступает около 90 тыс. м³ инфильтрационных вод.

Неисправность канализационной сети может привести к изливу неочищенной сточной жидкости на поверхность земли и в водоемы, создавая угрозу здоровью населения. Так, в июне 2003 г. в г. Суходольске Луганской области (Украина) из-за неисправности канализации произошла вспышка инфекции гепатита – было госпитализировано более 400 жителей города, в том числе 90 детей. В 2006 г. в Таджикистане в г. Пенджикент из-за неисправности канализации началась эпидемия брюшного тифа. Неочищенные городские стоки попали в реку, которая являлась источником питьевой воды [5]. Аналогичные события имели место и в России [6].

Трагедия в Брянске показала неблагополучие в техническом обслуживании канализационных сетей в нашей стране. В [5] отмечается, что «в пресс-службе городской администрации (г. Брянск) говорят, что канализационные трубы регулярно исследуются и в течение года обычно меняется несколько километров труб на наиболее проблемных участках». Это утверждение вызывает ряд вопросов. Во-первых, каким образом «канализационные трубы регулярно исследуются», если в Брянском водоканале нет соответствующей современной техники и после аварии пришлось прибегнуть к услугам компании из Тулы, которая выполняет работы по теледиагностике канализационных сетей. Во-вторых, при отсутствии современной технической диагностики канализационных труб и оценки их состояния, чем руководствовались, меняя «ежегодно несколько километров канализационных труб»? Не исключено, что среди заменяемых участков канализационной сети были такие, которые могли еще служить некоторое время, и были остав-

лены без ремонта аварийные участки, что со всей очевидностью высветила трагедия.

Положение осложняет то обстоятельство, что в нашей стране недостаточно соответствующих нормативно-правовых документов, а в существующих имеются неточности и упущения [7,8]. Например, в [8] речь идет только о техническом обследовании – оценке технической характеристики объектов (ст. 2, п. 25), а не о техническом обслуживании, которое наряду с обследованием включает профилактические работы и разнообразные виды ремонта для поддержания объекта в работоспособном состоянии. В [7] вообще отсутствует понятие «техническое обслуживание». Кстати, в ГОСТ 27.002–89 в определении надежности технических систем присутствует понятие «техническое обслуживание».

Такой весьма важный документ, как технический регламент «О водоотведении» не один уже год существует только в форме проекта, внесенного группой членов Совета Федерации парламента [9]. В нем также в основных понятиях, терминах и определениях отсутствует понятие «техническое обслуживание». Особое внимание в этом проекте привлекает п. 6 ст. 17, который гласит: «Трубы, используемые в системах водоотведения, должны обеспечивать безаварийную работу систем водоотведения при воздействии расчетных нагрузок в течение не менее 50 лет».

В соответствии с реалиями нашей жизни в 1975 г. был издан документ [10], в котором приведен средний нормативный срок службы: для канализационной сети из керамических труб – 50, из железобетонных, бетонных и чугунных труб – 40, а из асбестоцементных труб – 30 лет. С того времени много изменилось, например, обнаружена и исследована газовая коррозия железобетонных и бетонных канализационных труб [11].

Существующее положение достаточно подробно описано в [12], где сообщается, что «как показали многочисленные случаи аварий на канализационных коллекторах в странах СНГ, бетонные и железобетонные трубы и конструкции далеко не выдерживают свой гарантийный срок службы и часто выходят из строя намного раньше нормативного срока службы бетонных и канализационных коллекторов (20 лет). По данным более сотни исследованных аварий, среднестатистический срок безаварийной работы канализационных коллекторов из бетонных и железобетонных труб составляет 12,5 лет».

Очевидно, что между требованиями надежности в проекте нормативного документа [9] и реальной жизнью – огромная дистанция. Совершенно

справедливо отмечается в [13], что «до настоящего времени разработка принципов функционирования и проектирования крупных систем сбора и отведения сточных вод (СОВ) уделяется существенно меньше внимания, чем очистным сооружениям. Среди коллекторов, запроектированных и построенных 25–30 лет назад, фиксируется отсутствие: устройств для переключения на аварийные байпасы и выпуски; приспособлений для инспекции их внутреннего состояния; схемы проведения ремонтов и др.». Здесь же подчеркивается, что «на долю водонесущих трубопроводов приходится до 75 % всех капитальных вложений при строительстве централизованных систем водоотведения. А эксплуатационные затраты на транспортировку (системы СОВ) и очистку воды (КОС) имеют близкие пропорции».

В связи с этим возникает настоятельная необходимость принять в качестве закона технический регламент на обслуживание сооружений канализационной системы. В этих условиях нарушения порядка технического обслуживания канализационной сети будут рассматриваться как нарушение закона со всеми вытекающими последствиями.

Существующие 30–40 лет тому назад меры по техническому обслуживанию и ремонту канализационной сети следует классифицировать как аварийные или событийные, ибо внимание к техническому обслуживанию и ремонту возникало только при наступлении определенного события, а именно неисправности или аварии, засора или разрушения трубопроводов канализационной сети.

С появлением современной техники обследования состояния внутренней поверхности трубопровода канализационной сети представилась возможность производить оценку его работоспособности, делать прогноз оставшегося срока его службы, предотвращать его внезапное разрушение. В отличие от событийного характера обслуживания, новые возможности диагностировать условия функционирования трубопроводов с помощью системы замкнутого телевидения можно характеризовать как техническое обслуживание на основе оценки состояния. Плюсом такого вида технического обслуживания является меньшая себестоимость предоставления услуг, более высокая надежность функционирования канализационной сети. Полномасштабное внедрение компьютерного контроля над состоянием канализационных сетей «снизит эксплуатационные затраты за счет переориентации работ с аварийного режима на режим профилактического обслуживания» [14]. Аналогич-

ная тенденция в обслуживании канализационной сети наблюдается за рубежом. В отчетах о работе канализационной сети Нью-Йорка указывается, что в течение последнего десятилетия намечается переход от реагирования на аварийные события (approach reactive) к их предупреждению (data-driven proactive approach), используя современную технику [15].

Человеческая психология и привычки изменяются медленнее, чем протекает технический прогресс. Известны производственные управления в нашей стране, эксплуатирующие канализационные сети, которые приобрели соответствующие телевизионные установки, но по-прежнему работают по принципу «пожарной» команды, реагируя только на неисправности или аварии.

Важным этапом является классификация обнаруженных дефектов для дальнейшей сохранности трубы. По этой проблеме имеется значительное число публикаций за рубежом и в Российской Федерации. В нашей стране наиболее широко представлен так называемый системный подход [3,16], в котором определенным образом связываются основной фактор (аварийность) с 11 дестабилизирующими факторами, которые включают в себя: год укладки водоотводящего трубопровода, диаметр трубопровода, нарушения в стыках трубопровода, дефекты внутренней поверхности трубы, наличие засоров, нарушение герметичности, деформацию тела трубы, глубину заложения трубы, состояние грунтов вокруг трубопроводов, наличие (отсутствие) подземных вод, интенсивность транспортных потоков.

Таблица 1

Классификация повреждений по типам неисправностей

Тип неисправности трубы (Pipe Defect)	Уровень опасности (Severity Level)	Обозначения (Abbreviation)
Трещины (Cracks)	Узкая трещина (Tight Crack)	TC
	Открытая трещина (Open Crack)	OC
	Несколько открытых трещин (Multiple Open Cracks)	MOC
	Несколько открытых трещин + небольшое количество отверстий (Multiple Open Cracks + Small numbers of Holes)	MOC+H1
Открытые стыки труб (Open Joints), продольное смещение	Малое открытие стыков (открытие < 0,5t, где t – толщина стенки трубы) (Small Open Joints (Opening < 0,5t, t – pipe wall thickness))	SOJ
	Среднее открытие стыков (открытие < 1,5t) (Medium Open Joints (Opening < 1,5t))	MOJ
	Многочисленные открытия стыков (открытие > 1,5t) (Large Open Joints (Opening > 1,5t))	LOJ
Смещение стыков труб (Displaced Joints), вертикальное смещение	Малое смещение стыков (смещение > 0,5t) (Small Displaced Joints (Opening > 0,5t))	SDJ
	Среднее смещение стыков (смещение < 1,5t) (Medium Displaced Joints (Opening < 1,5t))	MDJ
	Многочисленные смещения стыков (смещение > 1,5t) (Large Displaced Joints (Opening > 1,5t))	LDJ
Коррозия (Corrosion)	Легкая коррозия (Light Corrosion)	LC
	Средняя коррозия (Medium Corrosion)	MC
	Тяжелая коррозия (Severe Corrosion)	SC
	Тяжелая коррозия + большое количество отверстий (Severe Corrosion + Large number of Holes)	SC+H2
Деформация (Deformation)	Легкая деформация < 10 % (Light Deformation < 10%)	LD
	Средняя деформация > 10 % (Medium Deformation > 10%)	MD

Таблица 2

Оценка состояния канализационной трубы в зависимости от уровня опасности

Тип неисправности	Оценка состояния				
	отличное (excellent)	хорошее (good)	посредственное (fair)	плохое (poor)	аварийное (failure)
Трещины	Целая, без неисправностей	ТС, ОС	МОС	МОС+Н1	Обрушение (Collapse)
Открытые стыки труб (продольное смещение)	Целая, без неисправностей	SOJ	МОJ	ЛОJ	Обрушение (Collapse)
Смещение стыков труб (вертикальное смещение)	Целая, без неисправностей	SDJ	MDJ	LDJ	Обрушение (Collapse)
Коррозия	Целая, без неисправностей	—	LC, MC	SC, SC+H2	Обрушение (Collapse)
Деформация	Целая, без неисправностей	—	—	LD, MD	Обрушение (Collapse)
Оценка	1	2	3	4	5

Далее факторы связываются в единое целое при помощи физического и математического моделирования, и после ряда преобразований назначаются количественные критерии в виде баллов (рейтингов). В качестве основного результата явилась разработка детальных паспортов участков трубопроводов, т. е. своеобразных «медицинских карт» их состояния, выраженного в баллах. К потенциально-опасным (наиболее ущербным) относятся те участки сети, в которых фиксируется максимальный суммарный балл значимости.

Большое удивление вызывает то обстоятельство, что среди перечисленных дестабилизирующих факторов отсутствует такой, как материал труб. И это в то время, когда к материалу канализационных труб привлекается первостепенное внимание во всем мире.

Очевидно, что для получения окончательных результатов при использовании рекомендуемого подхода для каждого участка необходимо иметь данные или входные параметры 12 факторов, что делает сбор исходной информации сложным и трудоемким и является существенным недостатком предлагаемой методики.

Появление современных приборов, которые позволяют исследовать внутреннюю поверхность подземных трубопроводов, привело к росту информации об их состоянии. Для хранения этой информации и извлечения из нее полезных сведений требуется соответствующая система. Одна из таких систем

была предложена профессором Луизианского технического университета Vani Kathula.

Vani Kathula предложена не только систематизация данных о состоянии трубопроводов, но и возможность проследить динамику их износа со временем [17,18]. Сведения о повреждениях классифицируются по пяти типам неисправностей: трещины, разошедшиеся стыки, смещенные стыки, коррозия и деформация (табл. 1). Как оценивается состояние канализационной трубы в зависимости от предложенного уровня опасности, по мнению Vani Kathula, показано в табл. 2.

Для успешного управления канализационной сетью требуется достоверная оценка состояния ее труб, чтобы точно расставить приоритеты их ремонта и технического обслуживания. С этой целью Vani Kathula предложена балльная оценка состояния канализационных труб. В результате предложенной процедуры вычисления баллов для каждой трубы, в зависимости от ее неисправностей, низкий балл соответствует незначительным повреждениям, высокий балл свидетельствует о серьезных и опасных дефектах трубы.

Выводы. 1. Появление современных средств диагностической техники для определения состояния внутренней поверхности канализационных трубопроводов предопределило новый уровень их обслуживания. В отличие от предыдущего уровня, при котором о состоянии трубопроводов канализационной сети судили по частоте аварии на ней, новый

уровень представляет возможность диагностировать внутреннюю поверхность трубы, прогнозировать места возможных аварий и принимать меры по их допущению. Это позволяет продлить долговечность канализационной трубы, уменьшить ущерб от ее возрастного разрушения.

2. Диагностика технического состояния канализационной сети современными средствами представляет ценный материал для анализа процесса старения различных участков труб и дает возможность более эффективно использовать средства, предназначенные на ее ремонт.

3. Систематизация обнаруженных в результате диагностики дефектов канализационных труб, их оценка для дальнейшей эксплуатации, анализ и выводы являются ценным информационным материалом, который не нашел еще адекватного отношения в отечественной практике.

4. В настоящее время отсутствует единая организационно-нормативная система обслуживания канализационной сети, учитывающая последние достижения в этой области.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гальперин Е. М. Современные средства инспекции технического состояния наружной канализационной сети // Приволжский научный журнал. 2015. № 4 (36). С. 82–90.
2. Гальперин Е. М., Комаров Д. С. О надежности и техническом обслуживании канализационной сети // Водоснабжение и санитарная техника. 2014. № 8. С. 62–70.
3. Храменков С. В., Орлов В. А., Харькин В. А. Оптимизация восстановления водоотводящих сетей. М.: Стройиздат, 2002. 160 с.
4. ГК «Геострой» холдинг // <http://www.proekt.ru/flash/11.html> [Электронный ресурс] (дата обращения: 16.03.2016).
5. Сазонов А. Пока гром не грянет // Полимерные трубы. 2012. № 1 (35). С. 74–78.
6. Голубчиков С. А. Москва: экологический кризис сопутствует финансовому // Энергия: экономика, техника, экология. 1999. № 9. С. 14–17.
7. О схемах водоснабжения и водоотведения: Постановление Правительства РФ от 5 сентября 2013 г. № 782.
8. Российская Федерация. Законы. О водоснабжении и водоотведении: федер. закон от 07.12.2011 г. № 416-ФЗ.
9. О водоотведении [Электронный ресурс]: законопроекты строительного портала i-Story (дата обращения: 12.05.2016).
10. Об утверждении «Инструкции по технической инвентаризации основных фондов коммунальных водопроводно-канализационных предприятий»: Приказ Минжилкомхоза РСФСР от 09.09.1975 г. № 378 // Документы СССР. Текст документа по состоянию на июль 2011 г.
11. Гальперин Е. М. Пути повышения надежности функционирования канализационной сети // Водоснабжение и санитарная техника. 2014. № 1. С. 63–69.
12. Гончаренко Д. Ф. Эксплуатация, ремонт и восстановление сетей водоотведения. Харьков: Консум, 2008. 400 с.
13. Непаридзе Р. Ш., Мордясов М. А., Хусаинов У. Г. Проблемы эксплуатации и капитального ремонта больших канализационных коллекторов // Чистый город. 2003. № 1 (21). С. 15–18.
14. Селезнев А. Н., Алексеев С. А., Максимов С. К. Оценка и обеспечение надежности трубопроводов канализационной сети // Водоснабжение и санитарная техника. 2001. № 11. С. 20–26.
15. The state of sewers 2013 [Электронный ресурс]. www.nyc.gov/.../state_of_the_sewers-2013.pdf (дата обращения: 16.03.2016).
16. Яковлев С. В., Воронов Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод. М., 2009. 704 с.
17. Mehle J. J., O'Keefe S. M., Wrase P. E. An Examination of Methods for Condition Rating of Sewer Pipelines // University of Minnesota center for development of technical leadership. 2001.
18. Patent US 20050209817. Method and system for grading the internal condition of pipe. 2005.
19. Гальперин Е. М., Дударев В. А. Определение остаточного срока службы канализационной сети вероятностным методом // Научные исследования. 2015. № 15. С. 7–10.

Об авторе:

ГАЛЬПЕРИН Евгений Моисеевич

кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный архитектурно-строительный университет
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. (846) 339-14-11
E-mail: evg-galperin@yandex.ru

GALPERIN Evgeny M.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State University of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel. (846) 339-14-11
E-mail: evg-galperin@yandex.ru

Для цитирования: Гальперин Е. М. О техническом обслуживании канализационной сети // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2016. № 3 (24). С. 31–37. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.03.5.

For citation: Galperin E. M. About sewage system technical maintenance // Vestnik SGASU. Town Planning and Architecture. 2016. № 3 (24). Pp. 31–37. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.03.5.