

Системы визуального обследования и ремонта водопроводных и водоотводящих трубопроводов

Ю.А. Рыльцева, В.А. Орлов

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)

Аннотация: В статье приведен обзор и анализ современных технических систем для телеинспекции и бестраншейного ремонта трубопроводов. Рассмотрены требования нормативно-технической документации, предъявляемые к таким системам. Так, системы телеинспекции должны отвечать требованиям по размерам обнаруживаемых дефектов, фиксировать наличие инфильтрации и протечки воды, обладать возможностью фокусироваться на объекте с расстояния до 4 м, обеспечивать возможность кругового сканирования и подсветки на расстояние до 4 м. Представлена классификация телеинспекционных систем для диагностики и ремонта трубопроводов по функциональным характеристикам.

Ключевые слова: диагностика трубопроводов, телеинспекционная система, бестраншейный ремонт трубопроводов, визуальный осмотр, ремонтный робот.

Сложно переоценить роль инженерных коммуникаций, в частности, систем водоснабжения и водоотведения, обеспечивающих санитарно-гигиеническое благополучие населения, функционирование промышленности. В условиях современного мира они не только обеспечивают комфортное существование человеку, но и являются одними из основных систем жизнеобеспечения. По многокилометровым трубопроводным сетям вода от водозаборных сооружений доставляется потребителю, а после использования транспортируется на очистные сооружения канализации. Согласно исследованиям [1], более 20 % всех трубопроводных сетей России расположены в мегаполисах, то есть в условиях плотной городской застройки. Так, в г. Москве протяженность водопроводных сетей превышает 13 тыс. км, протяженность канализационных – более 9 тыс. км [2], в г. Санкт-Петербурге протяженность водопроводных сетей превышает 7,5 тыс. км, канализационных – 6 тыс. км [3, 4]. Уровень износа водопроводных и канализационных сетей в целом по

России достаточно высок, и, к примеру, в столице превышает 49 % согласно Постановлению Правительства Москвы №575-ПП от 21.09.2016 г. («Об утверждении схем водоснабжения и водоотведения города Москвы на период до 2025 года»).

Аварии на трубопроводах доставляют неудобства населению (перерывы в водоснабжении, изменения схемы движения транспорта и пешеходов ввиду проведения ремонтных работ), требуют незамедлительного реагирования организаций, эксплуатирующих трубопроводные сети, сопряжены с материальными затратами. В условиях плотной городской застройки все перечисленные выше последствия ощущаются наиболее остро. В свою очередь, регулярное обследование сетей водоснабжения и водоотведения способствует минимизации аварий, возникающих на инженерных коммуникациях.

Согласно требованиям СП 272.1325800.2016 («Свод правил. Системы водоотведения городские и поселковые. Правила обследования»), а также «Методическим рекомендациям по определению технического состояния систем теплоснабжения, горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и водоотведения» (утверждены заместителем Министра регионального развития Российской Федерации 25.04.2012 г.) при исследовании состояния трубопроводов (в целях нового строительства или планово-предупредительного ремонта) производится визуальное обследование, при этом прочие методы обследования, к числу которых относятся ультразвуковая диагностика [5, 6], геофизические и механические методы [7, 8] применяют в случае специальной необходимости. Визуальный контроль следует проводить с использованием дистанционно управляемых телевизионных камер высокого разрешения [9]. Для служб, осуществляющих эксплуатацию трубопроводных сетей, они обеспечивают получение информации, необходимой для рационализации профилактического и

внепланового техобслуживания, эффект которой, помимо прочего, заключается в экономии вкладываемых денежных средств [10].

Нормативно-техническими документами предъявляются требования к телевизионным камерам: они должны обеспечивать обнаружение дефектов (трещин) размером от 0,5 мм, передавать изображение объекта без искажений его геометрической формы, регистрировать структуру поверхности и ее цвет, фиксировать наличие инфильтрационных или эксфильтрационных потоков, фокусироваться на объекте с расстояния от 0,01 до 4 м с возможностью не менее 10-кратного увеличения. Разрешение камеры – не менее 400x300 пикселей, частота кадров – более 16 Гц, камера должна обеспечивать круговое сканирование в пределах не менее 135°. Подсветка должна выполнять освещение трубопровода на расстояние 3-4 м, погрешность определения местоположения камеры – не более 25 см, длина кабеля – не менее 200 м. Следует также учитывать, что оборудование должно обеспечивать возможность проведения работ при температуре от минус 25 °С до плюс 45 °С.

Отдельную группу телеинспекционных систем составляют устройства, оборудованные ремонтными роботами. Технические показатели таких устройств современной нормативной технической документацией в области водоснабжения и водоотведения не регламентируются. Ремонтные роботы представляют собой дистанционно управляемое оборудование, транспортирующееся во внутреннем пространстве трубопроводов на расстояние до сотен метров и осуществляющее их ремонт (фрезерование, заделку течей). Ремонтные роботы вводятся в трубопровод через смотровой колодец или вырезку сегмента трубы (применительно к напорным сетям). Фрезерные роботы предназначены для зачистки и шлифовки внутренних стенок трубы, устранения различных выступающих элементов (корней деревьев, грата швов стальных труб, стержней арматуры). Под заделочными

роботами понимают устройства, осуществляющие нанесение герметизирующих полимерных покрытий на внутренние стенки труб в местах наличия течей.

Авторами настоящей работы выполнен обзор современных технологий визуальной оценки состояния трубопроводов ввиду актуальности этой проблемы в среде организаций водопроводно-канализационного хозяйства. Обзор современного рынка технических средств отечественного и зарубежного производства показал, что все устройства для телеинспекции трубопроводных сетей можно классифицировать следующим образом:

1) Проталкиваемые системы телеинспекции (таблица №1): предназначены для обследования трубопроводов диаметром от 15 до 500 мм. Длина кабеля таких устройств, как правило, не превышает 100 м;

2) Системы телеинспекции с дистанционно управляемыми роботами (таблица №2): предназначены для обследования трубопроводов диаметром от 100 до 3000 мм; длина кабеля может достигать 600 м. В отдельных моделях (в том числе отечественного производства) робот, осуществляющий съемку, может быть представлен в формате транспортного или плавающего модуля (рис. 1). Первый применяется для обследования опорожненных трубопроводов, второй – для инспекции трубопроводов, частично заполненных водой;

3) Системы телеинспекции для бестраншейного ремонта (таблица №3): предназначены для трубопроводов диаметром от 70 до 1600 мм, подразделяются на проталкиваемые и роботизированные.

а)



б)






Рис. 1 – Дистанционно управляемые роботы телеинспекционных

систем, оснащенные: а – транспортным модулем; б – плавающим модулем

Таблица №1

Проталкиваемые системы телеинспекции трубопроводов. Краткая информация об основных технических характеристиках

Наименование, марка, страна-производитель	Фото прибора (устройства)	Основные технические характеристики
1	2	3
Система телеинспекции TIS 01-20/1 (Россия)		Предназначена для инспекции труб диаметром от 50 до 200 мм; длина кабеля 20 м; угол обзора камеры 90°; 12 светодиодов для освещения; возможность работы от электросети и аккумулятора
Система телеинспекции TIS 01-20FR (Россия)		Предназначена для инспекции труб диаметром от 50 до 500 мм; длина кабеля 20 м; угол обзора камеры 120°; 12 светодиодов для освещения; возможность работы от электросети и аккумулятора
Система телеинспекции TIS 08-80SR (Россия)		Предназначена для инспекции труб диаметром от 50 до 500 мм; длина кабеля 80 м; угол обзора камеры 360°; 12 светодиодов; возможность работы от электросети и аккумулятора; внутренняя память устройства 8 Гб; предустановленное программное обеспечение; роликовые центраторы в комплекте

1	2	3
Система телеинспекции трубопроводов Gerat (Россия)		Предназначена для инспекции трубопроводов диаметром до 400 мм; длина кабеля 40 м; угол обзора камеры (вертикальный, горизонтальный) 60°; работает при температуре от минус 28 °С до +50 °С; цветной дисплей
Система Rothenberger ROCAM Multimedia (Германия)		Предназначена для обследования труб диаметром от 50 до 300 мм; камера оснащена светодиодами; цветной дисплей; длина кабеля до 60 м; 4-кратное увеличение; имеется встроенный передатчик для точного обнаружения положения головки камеры; оснащена программным обеспечением
Инспекционная камера vCam (США)		Предназначена для инспекции трубопроводов диаметром от 80 до 350 мм; камера с поддержкой высокого разрешения 1080p; жесткий диск с объемом памяти 1 Тб; аккумуляторные батареи, время работы 4 часа; длина кабеля 50 м; поддержка Wi-fi
Телеинспекционное устройство ROSCOPE (Германия)		Предназначена для инспекции трубопроводов диаметром от 40 мм; длина кабеля 22 м; имеет 8 светодиодов; обеспечивает видео и фотосъемку; поддержка Wi-fi

1	2	3
<p>Система телеинспекции труб RICO TINY (Германия)</p>	 The image shows the RICO TINY pipe inspection system. It consists of a black carrying case on top of a red and black metal frame. The frame has a large red wheel and a smaller black wheel. A camera unit is mounted on the frame, and a cable is visible.	<p>Предназначена для инспекции труб диаметром более 100 мм; длина кабеля 100 м; сенсорный экран с высоким разрешением; поворотно-наклонная видеокамера; встроенное программное обеспечение; внутренняя память 120 Гб; электронный счетчик пройденного расстояния; поддержка Wi-fi</p>
<p>Телеинспекционная проталкиваемая система minCamSet (Германия)</p>	 The image shows the minCamSet pipe inspection system. It is a compact, white and black device with a camera lens on top and a small screen on the side. It has a small wheel at the bottom.	<p>Предназначена для инспекции трубопроводов диаметром от 15 до 150 мм; длина кабеля до 30 м; внутренняя память устройства 32 Гб; разрешение камеры 560 пикселей; угол обзора по диагонали 90°; встроенный передатчик для определения местоположения камеры; возможность записи аудиокментариев во время съемки</p>
<p>Телеинспекционная система minCamminCord (Германия)</p>	 The image shows the minCamminCord pipe inspection system. It consists of a black carrying case and a camera unit. The camera unit is black and has a lens on the front and a handle on the back.	<p>Предназначена для инспекции трубопроводов диаметром от 15 до 150 мм; длина кабеля до 30 м; встроенная память 4 Гб; вес 1,5 кг; видео и фотосъемка; угол обзора по диагонали 90°; общее разрешение 560 пикселей; встроенный датчик для определения местоположения камеры</p>

1	2	3
Телеинспекционная система Есам (Германия)		Предназначена для инспекции трубопроводов диаметром от 65 до 500 мм; длина кабеля до 60 м; съемный ЖК-монитор; освещение светодиодами; угол обзора по диагонали 120°; общее разрешение 560 пикселей
Телеинспекционная проталкиваемая система minCamEcam (Германия)		Предназначена для инспекции трубопроводов диаметром от 35 до 300 мм; длина кабеля до 40 м; угол обзора по диагонали 121°; общее разрешение 560 пикселей
Телеинспекционная система minCam (Германия)		Предназначена для обследования водозаборных скважин и колодцев глубиной до 100 м; длина кабеля 100 м; внутренняя память устройства 32 Гб; угол обзора по диагонали 120°; общее разрешение 560 пикселей
Телеинспекционная система minCamSet (Германия)		Предназначена для обследования водозаборных скважин, шахт и колодцев глубиной до 550 м; длина кабеля 550 м; внутренняя память устройства 32 Гб; угол поворота головки камеры 150°; угол обзора по диагонали 136°; общее разрешение 560 пикселей

Таблица №2

Системы телеинспекции с дистанционно-управляемыми роботами. Краткая информация об основных технических характеристиках.

Наименование, марка, страна-производитель	Фото прибора (устройства)	Основные технические характеристики
1	2	3
Комплекс телеинспекции Sigma (Россия)		<p>Предназначен для инспекции труб диаметром от 150 до 3000 мм; может быть укомплектован транспортным или плавающим модулем (для труб диаметром от 500 мм, частично заполненных водой); угол обзора камеры 360°; общее разрешение камеры 1080 пикселей; в комплекте колеса для разных диаметров труб; два цветных сенсорных монитора; длина кабеля 300 м; поддержка Wi-Fi</p>
Роботизированная система телеинспекции CROSSTOUCH (Германия)		<p>Предназначена для инспекции трубопроводов диаметром от 100 до 3000 мм; длина кабеля 300 м; оснащена плавающим модулем (плотом) для обследования частично заполненных коллекторов; оснащена персональным компьютером и программным обеспечением; функция поворота и вращения камеры; встроенный датчик определения местоположения камеры; различные колеса для различных диаметров</p>


1	2	3
<p>Роботизированная система телеинспекции HIGHLANDER (Германия)</p>		<p>Полностью укомплектованный автомобиль для телеинспекции трубопроводов диаметром от 100 до 3000 мм; длина кабеля до 600 м; укомплектован персональным компьютером с предустановленным программным обеспечением, монитором; транспортирование камеры обеспечивается роботом; мощное светодиодное освещение; встроенный датчик определения местоположения; в комплекте имеется плавающий модуль (плот) для обследования частично заполненных коллекторов</p>

Таблица №3

Системы телеинспекции для бестраншейного ремонта. Краткая информация об основных технических характеристиках

Наименование, марка, страна-производитель	Фото прибора (устройства)	Основные технические характеристики
1	2	3
<p>Проталкиваемая ремонтная фрезерная система IMS Robotics NANO EASY (Германия)</p>		<p>Предназначена для ремонта и санации трубопроводов диаметром от 70 до 100 мм; оснащена пневматическим режущим двигателем, предназначенным в том числе для обработки керамогранита и бетона;</p>

1	2	3
		длина кабеля до 25 м; ручное управление поворотом режущего инструмента и видеокамеры
<p>Роботизированная ремонтная фрезерная система IMS Robotics MICRO</p>		<p>Предназначена для ремонта трубопроводов диаметром от 80 до 250 мм; дистанционное управление; применяется механизм «гусеничного» зацепления, благодаря которому робот способен двигаться вперед, подниматься вверх и проходить через трудные повороты; встроенная цветная видеокамера с галогенной подсветкой; длина шланга-кабеля до 50 м</p>
<p>Роботизированная ремонтная фрезерная система IMS Robotics DRIVE (Германия)</p>		<p>Предназначена для работы в трубопроводах диаметром от 100 до 600 мм; пневматический привод; дистанционное управление; цветная камера со светодиодной подсветкой; счетчик пройденного расстояния; длина шланга-кабеля до 150 м</p>
<p>Роботизированная ремонтная фрезерная система IMS Robotics TURBO (Германия)</p>		<p>Предназначена для работы в трубопроводах диаметром от 200 до 800 мм; пневматический привод; цветная поворотная видеокамера; длина кабеля до 150 м</p>

1	2	3
<p>Система для бестраншейной санации (восстановления) трубопроводов IMS Robotics UV-FLEX (Германия)</p>		<p>Санация трубопроводов осуществляется путем протягивания в восстанавливаемый трубопровод специального рукава, отвердевание которого происходит при воздействии ультрафиолетового излучения от ультрафиолетовых ламп; для труб диаметром от 150 до 600 мм; длина кабеля до 200 м</p>
<p>Система локального ремонта трубопроводов QUICK-lock (Германия)</p>		<p>Предназначена для восстановления локальных разрушений трубопроводов, дюкеров и колодцев; для труб диаметром от 800 до 1600 мм длиной до 200 м; представляет собой систему для соединения концов труб и проложенного чулка при бестраншейном ремонте труб; широкий диапазон рабочих температур (до +120 °С)</p>
<p>Автолаборатория с роботизированными системами ремонта и восстановления трубопроводов IMS Robotics (Германия)</p>		<p>Оборудование для инспекции и ремонта трубопроводов смонтировано в автомобиле-фургоне (микроавтобусе)</p>

Телеинспекционные камеры незаменимы при выполнении ремонта трубопроводов как бестраншейными, так и открытыми методами, поскольку позволяют точно определить место и количество раскопок, позволяют осуществлять информативную диагностику состояния трубопроводных

сетей, уточнять геометрию подземных трубопроводных трасс. Телеинспекционные системы позволяют принять рациональное решение в отношении способа ремонта трубопроводов, рассчитать объем предстоящих работ, а, значит, и их стоимость. С развитием цифровых технологий, средств освещения телекамер расширяются границы применимости телеинспекционных систем: охватывается больший диапазон длин и диаметров трубопроводов, фиксируются повреждения (свищи, трещины, расхождения стыков, следы коррозии) малых размеров (от 0,5 мм) [11, 12]. В России при обследовании и ремонте трубопроводов используют как отечественные, так и зарубежные образцы. Несомненно, устройства российского производства более доступны по стоимости для предприятий водопроводно-канализационного хозяйства.

Литература

1. Ким И.Л. Скоростной аварийный ремонт действующих трубопроводов в условиях Западной Сибири // Вестник СГУПС. 2012. №28. С.200-203.
2. АО «Мосводоканал». Официальный сайт. URL: mosvodokanal.ru.
3. ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга». Официальный сайт. URL: vodokanal.spb.ru/vodosnabzhenie/struktura_vodosnabzheniya/.
4. Рублевская О.Н. Мероприятия по предотвращению распространения неприятных запахов на объектах ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» / Водоснабжение и санитарная техника.- 2013.- №10.- с. 46-55.
5. Федосов А.В., Гайнуллина Л.А. Методы неразрушающего контроля // Электрические и информационные комплексы и системы.- 2015.- № 2.- т. 11.- с. 73-78.
6. Героева А.М., Зильберова И.Ю. Прогнозирование и диагностика технического состояния объектов коммунальной инфраструктуры // Инженерный вестник Дона, 2012, №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1074.

7. Дубов А.А., Дубов Ал.А. Опыт применения бесконтактной магнитометрической диагностики трубопроводов и перспективы ее развития // Контроль. Диагностика. 2014.- №4.- С.64-67.

8. Давыденко, О.В. Обзор современных проблем и перспектив развития водоснабжения и водоотведения на территории Ставропольского края // Инженерный вестник Дона, 2009, №1. URL: magazine/archive/n1y2009/250.

9. Kuliczowski A., Kuliczowska E., Zwierzchowska A. / Technologie beswykopowe w inzynierii srodowiska // Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. - 2010.- 735 p.

10. Pinguet J.-F., Meynardie G. / Reseaux d'assainissement: du diagnostic a la rehabilitation // Eau, industry, nuisances.- 2006.- № 295.- pp. 39-43.

11. Zwierzchowska A. Technologie bezwykopowej budowy sieci gazowych, wodociagowych i kanalizacyjnych // Politechnika swietokrzyska.- 2006. - p. 180.

12. Савченков С.В., Гуськов С.С., Мусонов В.В. Экспериментальные исследования изменения магнитного поля трубопровода в зонах поверхностных дефектов // Трубопроводный транспорт (теория и практика). 2012.- № 5.- С.38-42.

References

1. Kim I.L. Vestnik SGUPSa. 2012. №28. pp.200-203.
2. АО «Mosvodokanal». Oficial'nyj sajt. [Mosvodokanal. Official site]. URL: mosvodokanal.ru.
3. GUP «Vodokanal Sankt-Peterburga». Oficial'nyj sajt. ["Vodokanal of St. Petersburg". Official site]. URL: vodokanal.spb.ru/vodosnabzhenie/struktura_vodosnabzheniya/.
4. Rublevskaja O.N. Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika. 2013. №10. pp. 46-55.
5. Fedosov A.V., Gajnullina L.A. Jelektricheskie i informacionnye komplekсы i



sistemy. 2015. № 2. t. 11. pp. 73-78.

6. Geroeva A.M., Zil'berova I.Ju. Inzhenernyj vestnik Dona. 2012. №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1074.

7. Dubov A.A., Dubov Al.A. Kontrol'. Diagnostika. 2014. №4. pp.64-67.

8. Davydenko, O.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2009. №1. URL: magazine/archive/n1y2009/250.

9. Kuliczowski A., Kuliczowska E., Zwierzchowska A. Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. 2010. 735 p.

10. Pinguet J.-F., Meynardie G. Eau, industry, nuisances. 2006. № 295. pp. 39-43.

11. Zwierzchowska A. Politechnika swietokrzyska, 2006. pp. 180.

12. Savchenkov S.V., Gus'kov S.S., Musonov V.V. Truboprovodnyj transport (teoriya i praktika). 2012. № 5. pp.38-42.