

## К ВОПРОСУ О РЕНОВАЦИИ ВОДООТВОДЯЩИХ САМОТЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ БЕСТРАНШЕЙНЫМИ МЕТОДАМИ

Косухин М.М., Шарапов О.Н., Дудорова И.С., Ваваева М.С.

*ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», Белгород, email: Y31rus@yandex.ru*

По литературным источникам и опыту работы отечественных и зарубежных организаций анализируются общее состояние водоотводящих сетей и факторы, дестабилизирующие их функционирование. При обработке литературных источников изучен и творчески переработан опыт отечественных ученых и специалистов, занимавшихся вопросами повышения эффективности работы водоотводящих трубопроводов, оценкой их состояния и интенсификацией эксплуатации, совершенствованием гидравлического расчета путем автоматизации. Современное техническое состояние водоотводящих сетей можно оценить как неудовлетворительное. Мировой опыт показывает, что преобладающими материалами эксплуатирующихся безнапорных водоотводящих сетей являются керамика, асбестоцемент, чугун и пластмасса, а напорных — сталь, чугун, железобетон и пластмасса. Характерной особенностью безнапорных сетей является практически 100%-ный износ железобетонных трубопроводов. При этом практически нет повреждений на полимерных трубопроводах из-за их относительно недавней прокладки. Проведен анализ реализуемых на практике мероприятий по обновлению водоотводящих сетей путем использования различных строительных материалов, выступающих в роли внутренних защитных покрытий. Установлено, что наиболее перспективными материалами для восстановления различного типа дефектов старых трубопроводов являются протягиваемые в них полимерные материалы, в частности трубы и защитные оболочки. Полимерные трубы позволяют восстановить прочностные характеристики старых трубопроводов и создать условия эффективной транспортировки сточных вод практически без образования наносов, а также содействуют сохранению гидравлических характеристик потока за счет малой шероховатости поверхности.

Ключевые слова: ремонтные составы, модификаторы цементосодержащих композиций, биологическая коррозия, долговечность бетона, защитные покрытия водоотводящих коллекторов

## ON THE QUESTION OF RENOVATING THE GRAVITY FLOW DRAINAGE BY THE TRENCHLESS TECHNOLOGIES

Kosukhin M.M., Sharapov O.N., Dudorova I.S., Vavaeva M.S.

*FSBEI HPE «Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov», Belgorod, email: Y31rus@yandex.ru*

On the basis of literature references and the practices of home and foreign organizations, the general state of drainage networks and factors, destabilizing their functioning, have been analyzed. At working with literature references there was studied and revised the experience of home scientists and specialists, who addressed the issues of improving the efficiency of drainage pipelines, assessment of their state and intensifying their operation, upgrading the hydraulic calculations by means of automation. The present-day technical condition of drainage networks can be called unsatisfactory. The international practices demonstrate that the most widely used materials for non-pressure drainage networks in operation are ceramics, asbestos-cement, crude iron and plastic, and for pressure networks are steel, crude iron, reinforced concrete and plastic. A characteristic feature of non-pressure drainage networks is nearly 100% wear and tear of ferroconcrete pipelines. At the same time there is almost no damage on polymeric pipelines due to its relatively recent laying. The activities, carried out in order to renovate drainage networks by using various building materials, applied as inner protective coverings, have been analyzed. It has been determined that the most promising materials for eliminating various defects of old pipelines are polymeric materials, pulled into them, including pipes and protective coverings. The polymeric

**pipes allow restoring the strength characteristics of old pipelines and provide conditions for the effective discharging of sewage waters almost without the sediment deposition, and contribute to the retaining of hydraulic characteristics of the flow due to the low roughness of the surface.**

Keywords: repair structures, modifiers the tsementsoderzhashchikh of compositions, biological corrosion, durability of concrete, sheetings of water taking away collectors

По статистическим данным одной из главных угроз для инфраструктурного развития городов и населенных мест является высокая степень изношенности действующих подземных коммуникационных трубопроводов различного назначения, включая безнапорные водоотводящие сети [1]. В аспекте модернизации и инновации XXI в. необходимо рассматривать как век совершенствования трубопроводных систем. Согласно Федеральному закону РФ «О водоснабжении и водоотведении» (ФЗ № 416) [2] в основе совершенствования трубопроводных систем должны лежать высокоэффективные технологии строительства трубопроводов, новые ремонтные материалы, своевременная реновация и модернизация, соответствующие повышенным требованиям к качеству и сохранению количества транспортируемых сред при создании условий, не нарушающих сложившуюся экологическую обстановку. Данному фактору способствует широкое применение различных методов бестраншейного строительства и реновации трубопроводов.

Наиболее актуальны вопросы реновации для городов России, где в коммунальном секторе свыше 70% трубопроводных коммуникаций находятся зачастую в аварийном состоянии [3]. Следуя вышеизложенному, первостепенной задачей коммунальных служб городов должны являться вопросы строительства, модернизации и реконструкции трубопроводов.

Предотвращение аварийных ситуаций и старения трубопроводов при использовании новых разработок на основе нормативов технического обслуживания и ремонта должно способствовать реализации долгосрочных программ по реновации трубопроводов, стоящих перед современным городом, а также постепенному отказу от стратегии аварийного восстановления, которая характерна для коммунальных служб ряда современных городов. Предупреждение разрушающего старения и оперативная ликвидация последствий аварийных ситуаций являются одними из главных задач служб эксплуатации коммунальных объектов городов.

Используемые в городском хозяйстве методы реновации водоотводящих трубопроводов и их многочисленных модификаций также требуют осмысления в плане их применения на конкретном объекте восстановления. Необходимы интенсификация процессов эксплуатации трубопроводов, выбор метода ремонта для конкретных объектов на основе комплексной сравнительной оценки показателей, выявление технических параметров ремонтных материалов для эффективного применения. Решение вопросов реновации

актуально не только при организации восстановления трубопроводов, но и при их прокладке в условиях города с высокой плотностью населения, развитой подземной инфраструктурой, в стесненных условиях производства работ и при других «препятствиях» технического, социального и экономического характера.

При проведении анализа литературных источников установлено, что зачастую техническое состояние водоотводящих трубопроводов можно оценить как неудовлетворительное, однако темпы восстановительных работ и выделяемые средства на их реновацию весьма разнятся (разброс от 100 до 1000 и более раз).

При проведении лабораторно-выездных мероприятий выявлены и проанализированы основные факторы, дестабилизирующие функционирование безнапорной водоотводящей сети. В результате проведенного анализа установлено, что преобладающими материалами безнапорных водоотводящих сетей являются: железобетон – 35%, керамика – 26%, асбестоцемент – 22% и чугун – 17%, а напорных сетей: сталь – 90%, чугун – 6%, железобетон – 4% и пластмасса – 1%.

Характерной особенностью безнапорных сетей белгородской канализации является то, что железобетонные и керамические и трубы зачастую имеют 100%-ный износ, что соответственно представляет наиболее сложную задачу для исследователей; асбестоцементные безнапорные трубы имеют износ порядка 85%, и практически нет повреждений на пластмассовых трубопроводах из-за их относительно недавней прокладки.

По результатам аналитического анализа данных профилактических мероприятий ГУП «Белводоканал» установлено, что объемы профилактической прочистки водоотводящей сети растут из года в год; это свидетельствует о том, что водоотводящая сеть не справляется с возложенными на нее функциями беспрепятственной транспортировки сточных вод.

Засоры на безнапорных сетях, которые возникают в большинстве случаев на старых водоотводящих сетях, имеющих различного рода повреждения, провоцирующие засоряемость труб (наибольшее число засоров наблюдается на трубопроводах из керамических труб диаметром 125–200 мм, введенных в эксплуатацию в период 1961–1980 гг.), представляют серьезную проблему. Одной из важнейших причин засоров может служить низкая культура пользователей, что требует ужесточения мер по отношению к ряду абонентов, сбрасывающих сточные воды с большим содержанием жиров, которые откладываются на стенках трубопроводов.

Статистический анализ повреждений трубопроводов показывает, что основными причинами являются физический износ, разгерметизация раструбных соединений, просадка, появление трещин и разрушения. Повреждениям подвержены трубопроводы независимо от года их постройки и материала; наиболее дефектоспособны трубопроводы 1961–1970 гг.

ввода в эксплуатацию, что составляет 23,5% случаев, а также 1951–1960 гг. постройки, что составляет 16,8% случаев.

Основное число повреждений трубопроводов происходит на участках, залегающих на глубинах от 2 до 5 м, и весьма незначительно подвергаются повреждениям трубы, залегающие на глубинах до 2 м или от 6 м и более.

Наиболее перспективными материалами для восстановления дефектов старых трубопроводов (таких как трещины, расхождение стыков и т.д.) являются протягиваемые полимерные материалы, трубы и защитные покрытия. Полимерные трубы позволяют восстановить прочностные характеристики старых трубопроводов и создать условия эффективной транспортировки сточных вод без образования наносов, а также сохранять гидравлические характеристики потока за счет малой шероховатости поверхности [4].

В последние десятилетия в сфере эксплуатации и ремонта городских систем водоотведения для решения указанных проблем разработано направление, получившее название бестраншейной технологии восстановления (санации) ветхих и прокладки новых трубопроводов. Данное направление является перспективной альтернативой открытому способу ремонта, реконструкции и строительства подземных трубопроводов. Бестраншейные технологии санации и прокладки трубопроводов наряду с оперативностью и экономичностью в сравнении с традиционными методами позволяют не нарушать сложившуюся экологическую обстановку, сохраняют исторические и архитектурные объекты и т.д.

Основной целью данной технологии является полное восстановление структуры трубопровода путем устранения дефектов по длине труб и в местах их стыковки при поддержании исходных гидравлических параметров течения потока жидкости. Восстановленная структура придает сооружению (трубопроводу) большую механическую прочность для выдерживания постоянных и временных нагрузок. При этом восстановление структуры не должно сопровождаться появлением дополнительных проблем, не наблюдавшихся ранее. Восстановление сетей и сооружений (выявление потенциального объекта восстановления, диагностика, разработка конкретных проектов реабилитации) требуют серьезных предварительных проработок (научно-технических, экономических, организационных и т.д.), на которые может быть затрачено до 25% средств, выделяемых на полное восстановление объекта. В связи с этим работы по бестраншейной реновации должны подвергаться полнейшей оптимизации [5].

Согласно международной классификации внутренние защитные покрытия могут выполняться в виде набрызговых оболочек, сплошных покрытий, спиральных или ленточных оболочек, а также точечных (местных) покрытий.

Первостепенно необходимо отметить, что прочностной расчет трубопроводов является многовариантной, актуальной задачей, привлекающей к себе внимание ученых, создавших ряд различных методов расчета (например, «старый трубопровод + новая полимерная труба»). Усложняет данную проблематику большинство факторов, оказывающих влияние на величину и распределение нагрузок на трубопровод, а также влияющих на несущую способность трубы.

При расчете трубопроводов, уложенных в землю, необходимо учитывать факт взаимодействия трубы с грунтом, при котором грунт является не только нагрузкой, но и средой, в которой протекает деформация трубы. В соответствии с нормами расчет труб, уложенных в земле, должен производиться по методу предельных состояний.

Особенностью метода предельных состояний является установление общего и четкого критерия состояний трубопровода, согласно которому определяется возможность трубопровода удовлетворять предъявленным эксплуатационным требованиям, т.е. не потерять способность сопротивляться внешним воздействиям или не получить недопустимые деформации или местные повреждения.

Расчет трубопроводов с целью проверки несущей способности при открытой прокладке состоит в рассмотрении трех предельных состояний:

- 1) возможная потеря несущей способности (прочности, устойчивости или выносливости);
- 2) развитие чрезмерных деформаций;
- 3) образование и раскрытие трещин, появление других местных повреждений, учитываемых тремя расчетными коэффициентами.

Расчет труб по несущей способности, т.е. по первому предельному состоянию, должен быть обязателен во всех случаях. Далее производится расчет по второму предельному состоянию, т.е. по деформациям, и по третьему предельному состоянию, т.е. на устойчивость.

При проведении расчетов прочностных параметров исследованного материала его следует представлять в качестве однородной сплошной среды, что позволяет рассматривать материал как непрерывную среду и применять методы математического анализа. Данная схематизация дает основание на осреднении свойств материала в объеме и подтверждена экспериментальными исследованиями. В то же время исследуемая расчетная модель материала наделяется определенными физическими свойствами, такими как упругость, пластичность и ползучесть.

Унификация способов расчета конструкций из различных материалов и оснований сооружений состоит в возможности учета свойств пластичности материалов по несущей

способности, замене единого коэффициента запаса в методе разрушающих нагрузок тремя расчетными коэффициентами:

1) коэффициентом перегрузки  $n$ , который учитывает опасность превышения (уменьшения) нагрузки по сравнению с ее нормативным значением;

2) коэффициентом однородности « $R$ », который учитывает опасность снижения сопротивления;

3) коэффициентом условия работы « $m$ », учитывающим особенности работы конструкций (например, влияние агрессивной среды, концентрацию напряжений, возможность хрупкого разрушения и пр.). Этот коэффициент может быть меньше и больше единицы. Коэффициенты условий работы труб должны быть приняты по нормативам в зависимости от материала трубы.

Проведен глубокий анализ методов бестраншейной реновации ветхих водоотводящих сетей из различных материалов полимерными покрытиями в виде длинномерных труб круглого сечения, труб с временно деформированным и восстанавливаемым поперечным сечением, предварительно обжимаемыми в диаметре трубами с термической памятью; трубными модулями в виде коротких отрезков труб. Кроме того, внимание акцентировано на анализе используемых расчетных математических зависимостей для применения их при определении гидравлических характеристик нового поколения полимерных материалов, имеющих меньшие коэффициенты шероховатости. Лабораторно подтверждены основные положения по прочностному расчету трехслойных конструкций трубопроводов с выделением в качестве предельных состояний следующих расчетных случаев: определение несущей способности трубопровода, оценка степени деформации и проверка на устойчивость.

### **Список литературы**

1. Положение о санации водопроводных и водоотводящих сетей (Госкомитет РФ по строительству и жилищно-коммунальному комплексу) // М. Прима-Пресс-М. 2004. 43 с.
2. Федеральный Закон РФ «О водоснабжении и водоотведении» № 416-ФЗ от 07.12.2011 //Российская газета – Федеральный выпуск № 5654 от 10.12.2011
3. Косухин М.М. К вопросу о защитных покрытиях бетонных поверхностей водоочистных и водоотводящих сооружений / Косухин М.М., Шарапов О.Н., Апалькова Л.В. - *Фундаментальные исследования* — 2014.— № 11-1. — С. 20–23.
4. Косухин М.М. Ремонтно-защитные покрытия для бетонных и железобетонных элементов очистных сооружений / Косухин М.М., Шарапов О.Н., Апалькова Л.В., Комарова К.С., Комарова Н.Д. — *Фундаментальные исследования* — 2014. — № 9-9. — С. 1942–1945.

5. Комарова К.С. Процессы выщелачивания бетона на примере железобетонных водоподающих трубопроводов / Комарова К.С., Шарапов О.Н. — Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова — 2014 — С. 367–371.

**Рецензенты:**

Евтушенко Е. И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой технологии стекла и керамики ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», г. Белгород;

Лопанов А.Н., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», г. Белгород.