

DOI: 10.12737/23291

*Константиновская Л.В., ст. препод.,
Косухин М.М., канд. техн. наук, проф.*

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

К ВОПРОСУ О ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СОВМЕСТИМОСТИ РЕМОНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В БЕЗНАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ ПРИ БЕСТРАНШЕЙНОЙ РЕНОВАЦИИ

mkosuhin@mail.ru

Проведены экспериментальные исследования по определению гидравлической совместимости ремонтных материалов при бестраншейной реновации безнапорных водоотводящих трубопроводов, разработана и внедрена в производство экспериментальная установка по исследованию режимов течения жидкости при безнапорном движении для определения гидравлических элементов потока. Показано, что результаты экспериментальных исследований позволяют получать расчетные значения коэффициентов относительной шероховатости для трех видов полимерных труб, которые могут быть использованы в качестве ремонтных материалов для протягивания в старых трубопроводах. Отмечено, что при реновации трубопроводов данным способом необходима забутовка межтрубного пространства, исключающая возникновение волнистости полимерных трубопроводов из-за температурных перепадов и исключающая негативные последствия гидравлики и прочности конструкции.

Ключевые слова: *безнапорные трубопроводы, бестраншейная реновация, полимерные трубопроводы, межтрубное пространство, шероховатость поверхности трубопровода, зона дестабилизации скоростей в трубопроводе, равнозамедленное движение жидкости, гидравлическая совместимость, скорость течения жидкости в трубопроводе.*

Введение. Основная причина нынешнего состояния жилищно-коммунального комплекса заключается в том, что с начала экономических реформ в России 1990-х годов инвестиции в основные фонды отрасли были резко сокращены. Это привело к резкому сокращению ремонтов, что в свою очередь увеличило нарастание объемов ветхости и аварийности объектов жизнеобеспечения. По официальным данным около 50 % объектов и инженерных сетей требуют замены, не менее 15 % находятся в аварийном состоянии [1]. Эта тенденция продолжает наблюдаться и в настоящее время. Дефицит инвестиций на проведение ремонтов не покрывает при этом рост аварийности. Кроме того, реконструкция инженерных сетей влечет за собой увеличение объемов работ и соответственно финансирование, связанных с проведением сопутствующих работ по комплексному инженерному благоустройству территорий.

Высокая степень изношенности действующих подземных трубопроводов различного назначения, включая безнапорные водоотводящие сети, является одним из главных источников угроз для социального и экономического развития городов и населенных мест. В этой связи, реновация трубопроводных систем является весьма актуальной.

Основная часть. Согласно Федеральному Закону РФ «О водоснабжении и водоотведении» (ФЗ №416) в основе усовершенствования трубопроводных систем должны лежать высокоэффек-

тивные 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.

Неудовлетворительное состояние труб (прежде всего нарушение герметичности) ведет к утечкам в системе канализации, что отрицательно сказывается на здоровье людей, периодически вызывая желудочные отравления из-за проникновения микроорганизмов из сточных вод в подземные горизонты, через которые патогенные микроорганизмы поступают внутрь системы водоснабжения города.

Значительное количество применяемых в городском хозяйстве методов восстановления водоотводящих коллекторов и их многочисленных вариаций также призывает осмыслить наиболее подходящие из них в плане использования на конкретном объекте реновации. В частности, это касается интенсификации процессов эксплуатации трубопроводов, автоматизации выбора метода восстановления для конкретных объектов на основе разносторонней и комплексной сравнительной оценки разнообразных параметров, обнаружение диапазона технических параметров новых ремонтных материалов для наиболее эффективного применения.

Решение стоящих проблем актуально не только при организации реставрации трубопро-

водов, но и их прокладки (нового строительства) в условиях высокой плотности застройки, развитой подземной инженерной инфраструктурой и, тем самым, стесненных условиях производства работ, а также и других «преград» технического, социального и экономического характера. На сегодняшний день существует два основных способа реализации проектов прокладки инженерных коммуникаций – бестраншейный и открытый.

Открытый способ представляет собой достаточно затратный и трудоемкий процесс. Он включает в себя расчистку и подготовку площадки для разработки траншеи, непосредственно само рытье траншеи на необходимую глубину, подготовительные работы для прокладки инженерных коммуникаций (выравнивание дна траншеи, создание песчаной подушки), прокладка труб или кабеля, засыпка траншеи и восстановление дорожного полотна дороги или ландшафтного дизайна. Выше описанная технология работы неэффективна для городских условий, особенно в крупных городах, т.к. оказывает негативное влияние на привычный уклад жителей района, в котором ведутся работы.

На данный момент наиболее перспективным и динамично развивающимся является бестраншейный метод. Он во многом удобнее и эффективнее открытого. Технология бестраншейной прокладки инженерных коммуникаций позволяет сохранять окружающую среду, минимизировать воздействие на ритм жизни горожан, существенно сократить финансовые расходы и уменьшить сроки работ.

Впервые этот инновационный метод появился в США в середине прошлого столетия, но в то время таким способом решались только локальные вопросы – пересечь шоссе, железнодорожную линию и т.д., чтобы протянуть под ними трубопровод длиной несколько десятков метров, т.к. установки были недостаточно управляемыми и не могли преодолевать большие расстояния с необходимой точностью.

В 1964 году строитель М. Черрингтон изготавливает свою первую буровую установку и открывает строительную фирму, специализирующуюся на бестраншейных технологиях. Удачный эксперимент 1972 года на реке Фетер рядом с г. Сакраменто по прокладке трубы новым методом наклонного бурения или бурения по заданной криволинейной траектории, повысил интерес к бестраншейным технологиям и стал активно внедряться в строительство. В конце 70-х – начале 80-х годов США и Европа активно использовали новый метод прокладки инженерных коммуникаций.

В России данный способ начал применяться в 1985 году, началась разработка программы по созданию аналогичного оборудования. В 1987 на заводе «Уралмаш» впервые была разработана и создана установка ГНБ (горизонтально-направленное бурение), но ошибки и излишний оптимизм не позволили наладить их серийное производство.

В настоящее время в связи с объявлением санкций против экономики страны и реализации программы импортозамещения отечественные машиностроители активно соперничают и сотрудничают с зарубежными производителями.

Все это позволяет к повсеместному переходу на бестраншейную реновацию безнапорных водоотводящих трубопроводов. Тем не менее, при производстве работ таким способом необходимо проведение комплекса мероприятий, обеспечивающих бесперебойную работу отремонтированных участков. Особенно это важно на стыках «новых» и «старых» участков.

При проектировании ремонтно-восстановительных работ бестраншейными методами протягивания в старый трубопровод новых, необходимо стремиться к достижению условий гидравлической совместимости участков сети. Для безнапорных сетей эта задача напрямую связана с транспортирующей способностью потока сточной жидкости в водоотводящих трубопроводах, которая в первую очередь определяется расчетной скоростью течения воды, при которой обеспечивается самоочищение труб и коллекторов, а также их наполнением.

Результаты исследований показывают, что чем больше в воде нерастворенных примесей и чем они крупнее, тем большее сопротивление движению будет испытываться потоком [2]. В результате встречаемых потоком сопротивлений твердые частицы переходят из слоя в слой по направлению к лотку. В лотках при недостаточной скорости, вызываемой нарастающей массой взвешенных частиц, могут образовываться донные отложения, уплотняющиеся с течением времени. Необходимо отметить тот факт, что полученные исследователями в разные годы эмпирические формулы для определения незаиливающей скорости характерны в основном для условий транспортирования песка [3].

Попадая с ремонтного (нового) участка, имеющего, как правило, меньшую шероховатость на старый (невосстановленный) с большей шероховатостью, вода начинает терять скорость, т.е. движение жидкости становится равнозамедленным на определенном расстоянии по длине участка пока скорость не достигнет значений, характерных для трубы соответствующей шероховатости. На этом расстоянии (в зоне дестаби-

лизации скоростей) в результате своеобразного торможения (равнозамедленного движения жидкости) может образовываться подпор и осаждаться взвесь с образованием гряд наносов. С течением времени наносы могут перейти в стадию плотных несмываемых отложений. В этом и проявляется дисбаланс работы сети [4].

Если со стороны проектировщиков не предусматриваются соответствующие контрмеры в отношении потенциального гидравлического дисбаланса, то резко возрастет ответственность организаций, занимающихся эксплуатацией водоотводящей сети. В их задачи войдут ликвидация возможных последствий, что, прежде всего, выразится в дополнительных (профилактических) прочистках участков, следующих за восстановленными для своевременного удаления скапливающихся в их донной части плотных несмываемых наносов.

Учитывая эти обстоятельства при разработке проектов ремонтных работ необходимо уделять особое внимание гидравлической совместимости материалов при выборе труб.

Под гидравлической совместимостью при выборе труб для перекладки или реновации старых (изношенных) участков безнапорных труб по условиям проектирования понимается равенство или увеличение скоростей течения жидкости от участка к участку независимо от места расположения ремонтного участка по трассе, что гарантирует исключение подтопления в любой точке трубопроводной сети [5]. Отсюда исследование гидравлических характеристик труб, планируемых к перекладке на ремонтных участках или их восстановлению бестраншейными методами, является составной частью тактики реновации. Проектировщики не имеют данных по гидравлическим характеристикам новых материалов защитных покрытий и вынуждены руководствоваться методиками гидравлических расчетов, прочностными и гидравлическими показателями, представленными производителями труб, что не может являться объективным аргументом в пользу выбора материала трубопровода. В связи с этим возрастает роль экспериментальных гидравлических исследований. Для оценки ситуации необходимо наличие сведений о гидравлических характеристиках труб и ремонтных материалов (например, полимерных защитных покрытий, новых типов полимерных труб и т.д.).

Очевидно, что выбор того или иного материала нового трубопровода должен сопровождаться подбором соответствующей технологии бестраншейного ремонта, к которым, в первую очередь, должны быть отнесены протягивание в старый трубопровод новых труб меньшего диа-

метра [6].

Можно сделать вывод, что в некоторых случаях использование защитных покрытий с большей шероховатостью более экономично и целесообразно.

Нельзя исключать и того факта, что ликвидация гидравлического дисбаланса в областях, близких к стыкам труб из разного материала может достигаться искусственным увеличением длины ремонтного участка, а именно, до места сопряжения с водоотводящим трубопроводом равного или большего диаметра или продления ремонтного участка до ближайшего перепадного колодца.

Все эти условия должны проверяться на этапе проектирования расчетным или экспериментальным путем.

С этой целью для проведения натурных гидравлических экспериментов ГУП «Белводоканал» разработал опытную установку (стенд) по исследованию режимов течения жидкости при безнапорном движении и определению гидравлических элементов потока, выполненную по проекту кафедры строительства и городского хозяйства БГТУ им. В.Г. Шухова (при непосредственном участии автора) и находящуюся по адресу ул. 3-го Интернационала, 40 в г. Белгороде.

Стенд состоит из двух емкостей, расположенных на расстоянии 10 м друг от друга, эстакаду с жестко закрепляемыми на ней тремя параллельными трубопроводами. Эстакада выполнена с возможностью изменения уклона трубопроводов за счет механического домкрата со стопором, обеспечивая диапазон уклонов $i = 0,001 - 0,035$.

Емкости оборудованы необходимыми элементами для контроля уровня наполнения, мерным боковым карманом, подающими и переливными трубопроводами, успокоительными перегородками, обеспечивающими стабильность зеркала воды при входе в безнапорные трубопроводы в период проведения экспериментов.

Между двумя точками отбора давлений образован опытный участок длиной 7 м. Для подачи воды из накопительной в промежуточную емкость установлен центробежный насос. Для измерения расхода воды, поступающей из трубопроводов в накопительную емкость, используется ультразвуковой расходомер, в состав которого входят электронный измерительный блок, ультразвуковой преобразователь расхода, представляющий собой участок трубопровода с условным диаметром 65 мм с установленными на нем пьезоэлектрическими преобразователями. Работа на стенде производится по замкнутой (рециркуляционной) системе с забором воды из

накопительной емкости, перекачкой ее насосами в промежуточную и возвратом по трубопроводам в накопительную.

В результате проведения гидравлических экспериментов на прямолинейных участках трубопроводов получают зависимости коэффициента Шези «С» от гидравлического радиуса и расчётные значения коэффициентов относительной шероховатости для трёх видов полимерных труб, которые могут быть использованы в качестве ремонтных материалов для протягивания в старые трубопроводы.

Выводы. Таким образом, результаты экспериментальных исследований гидравлической совместимости материалов трубопроводов позволили изучить режимы течения жидкости при безнапорном движении для определения гидравлических элементов потока, которые позволяют получать расчётные значения коэффициентов относительной шероховатости для трех видов полимерных труб, которые могут быть использованы в качестве ремонтных материалов для протягивания в старых трубопроводах. Установлено, что при проведении реновации безнапорных водоотводящих трубопроводов бестраншейным способом необходима забутовка межтрубного пространства, которая позволяет исключить возникновение волнистости полимерных трубопроводов из-за темпера-

турных перепадов и тем самым исключить в них негативные явления с точки зрения гидравлики и прочности отремонтированных конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Концепция развития теплоснабжения в России, включая коммунальную энергетику, на среднесрочную перспективу – РосТепло. RU http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=27
2. Яковлев С.В., Карелин Я.А. Канализация. М. Стройиздат. 1982. 715 с.
3. Альтшуль А.Д., Калицун В.И., Майрановский Ф.Г., Пальгунов П.П. Примеры расчетов по гидравлике. М. Альянс С. 2013. 255 с.
4. Храменков С.В., Орлов В.А., Харькин В.А. Оптимизация восстановления водоотводящих сетей. М. Стройиздат. 2002. 185 с.
5. Орлов В.А. Системный анализ состояния и тактика реновации водопроводных и водоотводящих сетей. Автореферат диссертации на соискание ученой степени докт. техн. наук. М.: МГСУ. 2009. 34 с.
6. Орлов В.А., Харькин В.А. Стратегия и методы восстановления подземных трубопроводов. М. Стройиздат. 2001. 95 с.

Konstantinevskaya L.V., Kosuhin M.M.

TO THE QUESTION OF HYDRAULIC COMPATIBILITY OF REPAIR MATERIALS IN FREE-FLOW PIPES IN TRENCHLESS RENOVATION

Experimental studies were conducted in order to determine hydraulic compatibility of repair materials in trenchless renovation of free-flow water outlet pipelines, experimental unit for liquid flow regime investigation during free-flow motion for definition of flow hydraulic element were developed and introduced. It was shown that results of experimental studies allows to receive calculated values of coefficients of relative roughness for three types of polymeric pipes, which can be used as repair materials for pulling in old pipelines. It was observed that during pipelines renewal in such way, it is necessary backfilling of tube space, eliminating formation of polymeric pipelines waviness because of temperature drops and exclusive negative consequences of hydraulics and structural strength.

Key words: free-flow pipes, trenchless renovation, polymeric pipelines, tube space, surface roughness of pipeline, area of velocity destabilization in pipeline, uniformly retarded motion of liquid, hydraulic compatibility, liquid flow velocity in pipeline.

Константиновская Лилия Викторовна, старший преподаватель кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: apalkovaliliya@gmail.com

Косухин Михаил Михайлович, кандидат технических наук, профессор кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: mkosuhin@mail.ru