

УДК 682.147.25

САНАЦИЯ ВОДОПРОВОДНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

Д-р техн. наук Д. Ф. Гончаренко, асп. А.И. Алейникова, техн. директор
КП «Харьковводоканал» В.В. Паболков, канд. техн. наук О.В. Старкова

САНАЦІЯ ВОДОПРОВІДНИХ МАГІСТРАЛЕЙ З ВИКОРИСТАННЯМ СКЛОПЛАСТИКОВИХ ТРУБ ВЕЛИКОГО ДІАМЕТРА

Д-р техн. наук Д. Ф. Гончаренко, асп. А.І. Алейнікова, техн. директор
КП «Харківводоканал» В.В. Паболков, канд. техн. наук О.В. Старкова

THE REHABILITATION OF WATER PIPELINES USING THE LARGE DIAMETERS FIBERGLASS PIPES

Doct. of techn. sciences D.F. Goncharenko, postgraduate A.I. Aleynikova, V.V. Pabolkov, cand. of techn. sciences O.V. Starkova

Представлены основные факторы, влияющие на эксплуатационную долговечность водопроводных магистралей. Приведены технические характеристики труб из различных материалов. Особое внимание уделено стеклопластиковым трубам. Предложены технические и технологические решения, принятые при санации водопроводной магистрали, обеспечивающей питьевой водой жилой массив Харькова.

Ключевые слова: износ, эксплуатационная долговечность, водовод, санация, стеклопластик.

Подано основні фактори, що впливають на експлуатаційну довговічність водопровідних магістралей. Наведено технічні характеристики труб з різних матеріалів. Особливу увагу приділено склопластиковим трубам. Запропоновано технічні і технологічні рішення, що було прийнято при санції водопровідної магістралі, що забезпечує питною водою житловий масив Харкова.

Ключові слова: знос, експлуатаційна довговічність, водогін, санация, склопластик.

The main factors influencing the useful life of water pipelines are presented. Noted that Ukraine is in disrepair about 30 % of the total length of water supply networks. The fourth part of water supply facilities and networks (in value terms) actually worked amortization period. In Ukraine glad facilities operated for more than 100 years in Kharkov - 125 years. The technical characteristics of tubes made of various materials are presented. Particular attention is paid fiberglass pipes. Proposed technical and technological solutions adopted in the rehabilitation of water pipelines, which provides drinking water to the residential area of Kharkov.

Keywords: depreciation, operational durability, aqueduct, sanitation, fibreglass.

Введение. Трубопроводные системы, транспортирующие воду для любого населенного пункта, – наиболее дорогие и уязвимые части инженерных инфраструктур. От их надежной и бесперебойной работы зависит состояние окружающей среды, комфортность проживания, эффективная работа предприятий города. Стоимость транспортировки воды составляет в отдельных случаях до 70 % стоимости всей системы водоснабжения города. В связи с этим обеспечение надежной работоспособности

водопроводных магистралей является приоритетным направлением работы городских коммунальных служб. Тенденции последних лет свидетельствуют о том, что коммунальные службы городов Европы и СНГ все больше внимания уделяют технологиям ремонта и восстановления водопроводных трубопроводов, связанным с заменой труб из чугуна, стали и железобетона на трубы из современных материалов. Эффективными при этом являются бестраншейные методы ремонта и

восстановления трубопроводов с использованием полиэтиленовых труб.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами. Переход к рыночной экономике, реформирование жилищно-коммунального комплекса в условиях значительного износа и старения инженерных систем водоснабжения городов Украины и СНГ, недостаток материальных и финансовых ресурсов на их реновацию значительно обострили в последние годы проблему обеспечения требуемой надежности и экологической безопасности инженерных коммуникаций города.

Трубопроводные системы – неотъемлемая часть инфраструктуры современных городов, а городские водопроводные и водоотводящие сети являются не только наиболее функционально значимым элементом систем водоснабжения и водоотведения, но и, как показывает практика эксплуатации, наиболее уязвимым.

Таким образом, важной задачей является обеспечение надежной и бесперебойной работы водопроводных сетей с целью обеспечения благоприятного состояния окружающей среды, комфортного проживания, эффективной работы промышленных и коммунальных предприятий города.

Анализ последних исследований и публикаций. Обостряющаяся проблема аварийных ситуаций на водных объектах требует создания оснащенных современной техникой мобильных подразделений аварийных служб, способных оперативно проводить в том числе и бестраншейный ремонт коммуникаций, а также внедрения специализированных мониторинговых систем за состоянием объектов, сетей и сооружений. Для решения этих задач наряду с национальными инициативами необходимы развитие международного сотрудничества и обмен новыми технологиями [1].

В последние годы большое внимание вопросам восстановления подземных трубопроводов уделено российскими учеными, работающими в этой области. Значительный анализ прогрессивного отечественного и зарубежного опыта восстановления, санации и прокладки водопроводных сетей с использованием бестраншейных технологий выполнен С.В. Храменковым [1–3], в работах

которого, посвященных защите трубопроводов от коррозии и современным методам нанесения внутренних защитных покрытий, приведены характеристики материалов и оборудования для их реализации.

Значительное внимание [3] уделено вопросам обеспечения надежности водопроводной сети. Как отмечает автор, в связи со значительной протяженностью самортизированных труб и ограниченностью средств на реновацию сети большое значение имеет научно обоснованная стратегия восстановления трубопроводов, основанная на оценке и прогнозе показателей надежности трубопроводов и автоматизированном выборе из большого числа потенциальных для восстановления участков трубопроводов некоторого ограниченного количества первоочередных объектов восстановления. Кроме того, автором рассмотрены вопросы использования надежных и долговечных труб и арматуры, обеспечивающих эффективное сопротивление внешней и внутренней коррозии, оптимизации стратегии восстановления и обновления сети, увеличения объемов перекладки и санации участков трубопроводов с приоритетным применением бестраншейных способов восстановления.

О.Г. Примин [4] останавливается на оценке и прогнозировании состояния трубопроводов. Автор принимает участие в решении задачи кардинального снижения числа отказов трубопроводов и оборудования, обеспечения надежной и устойчивой работы водопроводной сети Москвы.

В.А. Орлов [1, 5, 6] вопросы эксплуатации, реконструкции и строительства водопроводных сетей связывает с учетом экологического фактора, уделяя основное внимание бестраншейным методам производства ремонтно-восстановительных работ.

Разработке программы реконструкции водопроводных сетей на основе моделирования процесса подачи и распределения воды в Санкт-Петербурге посвящена работа П.П. Махнева с соавторами [7]. Перспективным, по мнению авторов, методом реконструкции является протаскивание предварительно обжатых или же деформированных пластмассовых труб по технологиям Roll-down, Swagelining и др.

Результаты исследований Питера Бруссига [8, 9], проводимых им более 30 лет,

сосредоточены на вопросах коррозии и инкрустации трубопроводов, выполненных из стали. В работе [9] рассмотрен анализ поврежденных труб из полиэтилена, транспортирующих питьевую воду.

Михаэль Ульбрих [10] достаточно подробно рассматриваются вопросы преимущества и недостатка труб из полиэтилена. При выборе труб водоснабжения автор отдает предпочтение трубам PE-100, которые, по его мнению, обеспечивают высокое качество транспортируемой воды.

Работы Герхарда Киссельбаха [11, 12] посвящены надежности и срокам эксплуатации подземных напорных трубопроводов из полиэтилена. Особое внимание уделено исследованиям с помощью метода конечных элементов поведения структуры полиэтиленовых напорных труб в результате посторонних воздействий, например неоднородной почвы, на которую укладываются трубы, либо механического воздействия острых предметов или инструментов, которые приводят к выходу из строя полиэтиленовых труб, имеющих большую чувствительность к посторонним предметам. Как отмечено в этих работах, даже незначительные точечные нагрузки могут вызвать большие локальные деформации и большие локальные искривления в стенке трубы, т. е. привести к повреждению или выходу трубы из строя.

Многие исследователи серьезно рассматривают перспективы бестраншейного метода восстановления систем водоснабжения. В работе В.И. Агапчева [13] приведены объемы работ, выполняемые этим методом в других странах. Подчеркнута важность внедрения этого метода в городах России.

Определение цели и задач исследования. Изложенное выше дает основание сделать вывод о том, что вопросы исследования и разработки эффективной технологии восстановления водопроводных магистралей с течением времени не утрачивают своей актуальности.

Целью настоящего исследования является разработка технологии санации водопроводных магистралей с использованием стеклопластиковых труб большого диаметра.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

– исследовать основные факторы, влияющие на эксплуатационную долговечность водопроводных магистралей;

– проанализировать технические характеристики труб из различных материалов; особое внимание уделить стеклопластиковым трубам;

– предложить технические и технологические решения для санации водопроводной магистрали, обеспечивающей питьевой водой жилой массив Харькова.

Основная часть исследования. Общая протяженность водопроводных сетей Украины составляет более 87000 км. Более 250 специализированных коммунальных предприятий ежедневно подают 8,3 м³ питьевой воды. Централизованным водоснабжением обеспечено 70 % населения Украины. Среднее водопотребление в Украине составляет примерно 320 литра в сутки на одного человека, что выше европейского уровня [14].

В Украине в аварийном состоянии находится около 30 % общей длины водопроводных сетей. Четвертая часть водопроводных сооружений и сетей (в стоимостном выражении) фактически отработала срок амортизации, закончился срок амортизации каждой пятой насосной станции. В Украине ряд сооружений работает уже более 100 лет, в Харькове – 125 лет [14].

Неудовлетворительное техническое состояние водопроводных сетей в городах приводит к значительным потерям питьевой воды, которые составляют до 30 % общего объема ее подачи. Значительное место в энергосбережении систем водообеспечения занимает процесс транспортировки воды по водопроводным магистралям. Изменение условий работы последних, вызванное увеличением со временем макрошероховатости и коррозии внутренних поверхностей труб, влечет за собой повышение коэффициента гидравлического сопротивления и, как следствие, увеличение расхода электроэнергии на транспортировку воды [1, 14].

В современной практике строительства водоводов и наружных водопроводных сетей широко применяются чугунные, стальные, асбестоцементные и железобетонные трубы. В настоящее время в мировой практике предпочтение все чаще отдается предварительно напряженным железобетонным

трубам и трубам из синтетических материалов (пластмассовым) [1, 14].

Долгие годы планирование и строительство трубопроводов водопроводных сетей велось без учета требований надежности по применяемым материалам и организационно-технических возможностей эксплуатационных организаций [14]. Поэтому весьма значительное количество водопроводных сетей большинства городов Украины проложено из стальных труб, изготовленных из дешевых марок стали, без защиты внутренней и внешней поверхности труб от коррозии. К 1990 году потребление стальных труб в СССР достигло астрономической величины – 24 млн т [14]. Это количество превышало потребление стальных труб во всем мире. Стальные трубопроводы, не защищенные от коррозии, сравнительно дешевы. Катастрофические же последствия их коррозии проявляются лишь через несколько лет эксплуатации.

В конце 90-х годов минувшего столетия среднее число аварийных повреждений трубопроводов на единицу их длины в Украине примерно вдвое превышало этот показатель в странах западной и центральной Европы,

удельное количество аварий за последнее десятилетие возросло примерно в пять раз. По оценкам специалистов, в Украине примерно 70 % подземных трубопроводов собрано из стальных труб [14]. В системах горячего и холодного водоснабжения и отопления показатель достигает 95 %. Несмотря на широкую распространенность к их основным недостаткам следует отнести:

- срок службы (10 лет);
- невысокую стойкость к коррозии;
- способы соединения (сварка, резьбовые соединения);
- слабую деформируемость при повышении температуры;
- возможность разрыва при резком повышении давления.

В г. Харькове эксплуатируется около 150 км стальных трубопроводов диаметром 700-1400 мм, возраст 95 % из них свыше 30 лет [15, 16]. Водоснабжение крупнейшего в Харькове Алексеевского жилого массива осуществляется через стальной водовод диаметром $D_y=700$ мм, который в настоящее время стал технически непригодным для дальнейшей эксплуатации (рис. 1).



Рис. 1. Внутренняя стенка стального водовода диаметром $D_y=700$ мм со следами инкрустации и внутренней коррозии

Ввиду аварийного состояния данного водовода наблюдались большие потери воды питьевого качества, а также значительные

затраты электроэнергии на ее подачу к потребителям. Причинами низкой надежности этого водовода являются:

- износ труб;
- неправильный выбор материала труб и класса их прочности, отвечающего фактическим внешним и внутренним нагрузкам, воздействующим на трубопровод;
- несоблюдение технологии производства работ в процессе укладки и монтажа трубопровода;
- отсутствие необходимых мер по защите трубопровода от агрессивного воздействия внешней и внутренней среды;
- разрушающие давления вследствие гидравлических ударов и падение долговременной прочности; несоответствие качества труб требованиям ГОСТ.

Следует отметить, что рассматриваемый трубопровод эксплуатируется на протяжении

35 лет. В то же время проведенные исследования [16] показали, что эксплуатационная долговечность чугунных водопроводных труб по ул. Рымарской в Харькове, замена которых на полиэтиленовые была выполнена в 2009 году, составила более 60 лет.

Как известно, все более широкое применение в последние годы как за рубежом, так и в Украине находят трубы из пластмасс, в том числе из полиэтилена и стеклопластика [17]. В нашем случае при сравнении вариантов замены стального трубопровода предпочтение было отдано трубам из стеклопластика.

В табл. 1 приведены технические характеристики труб из различных материалов, подтверждающих преимущества стеклопластиковых труб.

Таблица 1

Технические характеристики труб из различных материалов

Техническая характеристика	Материал труб			
	стеклопластик	полиэтилен	бетон	сталь
Срок службы	50 и более лет	50 лет	20 лет	25-30 лет
Вес	малый	малый	высокий	высокий
Коррозионная стойкость	высокая	высокая	низкая	низкая
Износостойкость	высокая	высокая	низкая	низкая
Биообрастание, заиливание	не подвержена	не подвержена	высокая	высокая
Затраты на монтаж	низкие	высокие (сварка)	высокие	высокие (сварка)
Скорость соединения	2 - 3 минуты	продолжительная	продолжительная	продолжительная
Ремонтопригодность	высокая	высокая	низкая	высокая

С учетом рыночных, технологических и финансовых аспектов производство стеклопластиковых труб имеет ряд преимуществ и может быть аргументировано в связи с возрастающей потребностью в трубах номенклатуры, которая не охватывается производимыми пластмассовыми трубами и фасонными изделиями для наружной прокладки, а именно труб с внутренним диаметром свыше 300 мм (табл. 2).

Задача повышения надежности обеспечения водой Алексеевского жилого массива решилась за счет перекладки отдельных участков водовода с применением труб из материалов с повышенной коррозионной устойчивостью и пониженным

гидравлическим сопротивлением. Кроме этого обследование камер, установленных на существующем водоводе, указало на необходимость их реконструкции с заменой задвижек, клапанов, скоб для спуска в камеру и т. д. Вместо вышедшего из строя стального водовода открытым способом прокладывался новый из стеклопластиковых труб DN 1000 PN 10 SN 1000 производства фирмы «SUBOR» (Турция) (рис. 2).

В соответствие с разработанной технической документацией укладка стеклопластиковых трубопроводов в грунт осуществляется на песчаной подушке 10 см и присыпкой трубы на высоту не менее 20 см (рис. 3).

Основные преимущества стеклопластиковых труб по сравнению с изготовленными из традиционного металла

Преимущества стеклопластиковых труб	Легкий вес трубопровода (труба из стеклопластика весит в 6-8 раз меньше аналогичной стальной трубы)
	Снижение затрат на техническое обслуживание ввиду того, что трубопровод практически не подвержен коррозии и зарастаниям, не требуется проведение защитных мероприятий, в том числе нанесение антикоррозионных покрытий и мероприятий по электрохимической защите от коррозии
	Снижение расхода теплоизоляционного материала в связи с низкой теплопроводностью стеклопластика
	Отсутствие влагопоглощения позволяет отказаться от применения гидроизолирующих материалов
	Атмосферостойкость обеспечивает продолжительную эксплуатацию в любых климатических условиях
	Теплостойкость определяется достаточно высоким значением удельной теплоемкости;
	Краткие сроки монтажа и сокращенные затраты на восстановительные работы вследствие конструктивных особенностей труб и соединительных деталей, при этом ремонтно-восстановительные работы не требуют специального оборудования
	Длительный ресурс эксплуатации



Рис. 2. Монтаж стеклопластиковой трубы

На рис. 4 и рис. 5 показано конструктивное соединение стеклопластиковых труб с помощью раструбов. Монтаж стыков

труб производится непосредственно в траншее. Схема сборки раструбного соединения приведена на рис. 6.

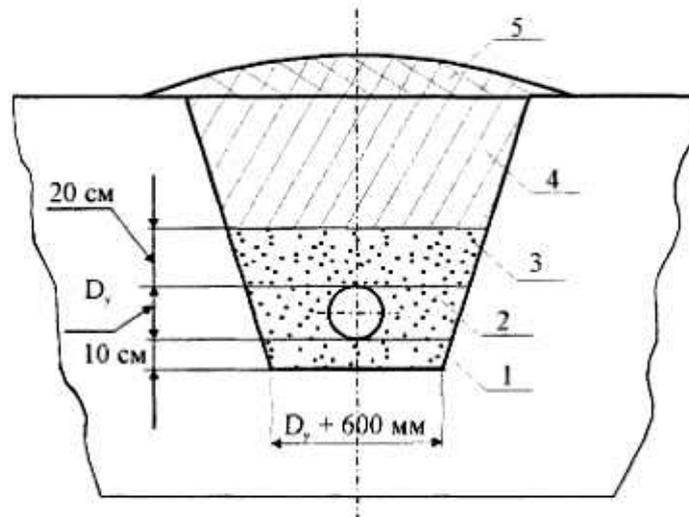


Рис. 3. Схема укладки стеклопластиковой трубы в грунт:
1 – подсыпка дна траншеи (ложе для трубопровода); 2 – уплотняемый трамбовкой грунт-подбивка; 3 – присыпка над верхней образующей трубопровода; 4 – засыпка вынутым грунтом (минеральным); 5 – плодородная почва

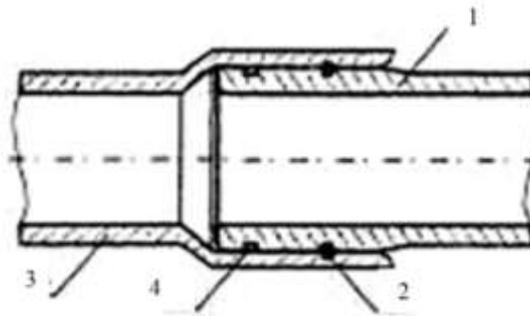


Рис. 4. Раструбная конструкция стыка стеклопластиковых труб:
1 – труба ниппельная; 2 – элемент стопорный; 3 – труба раструбная; 4 – уплотнение резиновое



Рис. 5. Раструбное соединение стеклопластиковых труб в камере

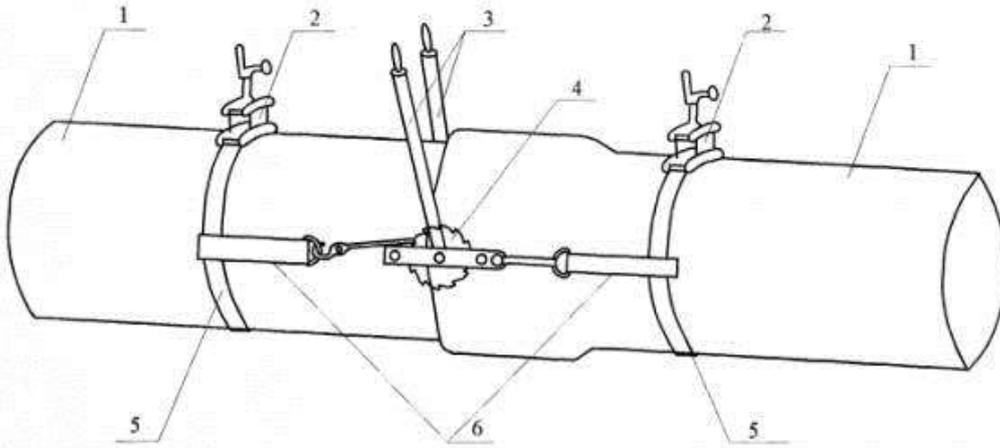


Рис. 6. Схема сборки раструбного соединения:
1 – труба; 2 – стяжной хомут; 3 – рычаги; 4 – храповой механизм;
5 – мягкая лента хомута; 6 – стяжная лента

Соединение стеклопластиковых труб с металлической запорной арматурой и стальными трубами осуществлялось с помощью фланцевых соединений (рис. 7). Затяжка болтов фланцевых соединений труб

производилась динамометрическими ключами равномерно в диаметрально противоположном порядке, что позволило избежать перекосов и концентрации напряжений на буре стеклопластиковой трубы.



Рис. 7. Фланцевое соединение водовода из стеклопластика диаметром $D_y=1000$ мм по ул. Ахсарова в Харькове

Обратная засыпка выполнялась песчаным грунтом с углом внутреннего трения не менее 30° до достижения коэффициента $k=0,95$. Перед сдачей в эксплуатацию водовод испытывался

на прочность и герметичность, была проведена промывка и дезинфекция.

Выводы по результатам исследования и перспективы, дальнейшее развитие данного направления. Технические решения, принятые при перекладке водовода по ул. Ахсарова в Харькове, обеспечили бесперебойное снабжение Алексеевского жилого массива необходимым количеством питьевой воды с улучшенным качеством.

Применение стеклопластика в качестве материала трубопровода позволило существенно снизить стоимость и сроки проведения работ, что является ключевым моментом в условиях ограниченного финансирования, а также значительно повысить эксплуатационную долговечность водопроводных сетей.

Список использованных источников

1. Храменков, Г.В. Бестраншейные методы восстановления водопроводных и водоотводящих сетей [Текст] / Г.В. Храменков, О.Г. Примин, В.А. Орлов. – М.: ТИМР, 2000. – 177 с.
2. Храменков, С.В. Современные бестраншейные методы ремонта трубопроводов [Текст] / С.В. Храменков и др. // Водоснабжение и санитарная техника (ВСТ). – 1998. – Вып. 3. – С. 6–9.
3. Храменков, С.В. Принципы обеспечения надежности водопроводной сети в условиях сокращения водопотребления [Текст] / С.В. Храменков // Водоснабжение и санитарная техника (ВСТ). – 2003. – Вып. 5, ч. 2. – С. 27–31.
4. Примин, О.Г. Оценка и прогноз технического состояния трубопроводов [Текст] / О.Г. Примин // Водоснабжение и санитарная техника (ВСТ). – 2006. – Вып. 1, ч. 1. – С. 25–28.
5. Орлов, В.А. Эксплуатация, реконструкция и строительство водопроводных и водоотводящих сетей с учетом экологического фактора [Текст] / В.А. Орлов // Строительство и архитектура, 1997. – Вып. 2. – С. 33.
6. Орлов, В.А. Стратегия и методы восстановления подземных трубопроводов [Текст] / В.А. Орлов, В.А. Харькин. – М.: Стройиздат, 2001. – 94 с.
7. Махнев, П.П. Разработка программы реконструкции водопроводных сетей на основе моделирования процесса подачи и распределения воды [Текст] / П.П. Махнев, М.Ю. Юдин и др. // Водоснабжение и санитарная техника (ВСТ). – 2003. – Вып. 10. – С. 2–5.
8. Brussig, P. Schäden an erdverleg ten Wasserleitung (Teil 1) [Текст] / P. Brussig // Wasserwirtschaft–Wassertechnik. – 1990. – №3. – P. 62–67.
9. Brussig, P. Schädigung einer Polyetylenrohrleitung durch Trinkwasser [Текст] / P. Brussig // Wasser–Abwasser. – 2003. – №1. – P. 5–6.
10. Ulbrich, M. Trinkwasserrohrleitung aus Polyetylen [Текст] / M. Ulbrich // Wasser–Abwasser. – 2002. – №5. – P. 413–420.
11. Kiesselbach, G. Sicherheit and Nutzungsdaner erdverlegter PE–Druckrohrleitung [Текст] / G. Kiesselbach // Wasser–Abwasser. – 2004. – №2. – P. 118–123.
12. Kohler, H. Optimiertes Stumpfschweißen für PE nach DVS mit dem +GF+CTC Verfahren [Текст] / H. Kohler // Wasser–Abwasser. – 2003. – №1. – P. 19–21.
13. Агапчев, В.И. Состояние и перспективы бестраншейного метода восстановления систем водоснабжения и водоотведения [Текст] / В.И. Агапчев, В.А. Виноградов, В.А. Мартешова, Н.Г. Пермяков // Водоснабжение и санитарная техника (ВСТ). – 2003. – Вып. 12. – С. 17–19.
14. Петросов, В.А. Устойчивость водоснабжения [Текст] / В.А. Петросов. – Харьков: Издательский дом «Фактор», 2007. – 357 с.
15. Гончаренко, Д.Ф. Анализ состояния магистральных водоводов системы водоснабжения г. Харькова. Факторы, влияющие на их эксплуатационную долговечность [Текст] / Д.Ф. Гончаренко, А.И. Алейникова // Наук. вісн. будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2013. – Вып. 72. – С. 369–375.
16. Гончаренко, Д.Ф. Технологические решения замены трубопроводов водоснабжения [Текст] / Д.Ф. Гончаренко, О.В. Старкова, Х. Вевеллер, В.В. Паболков // Наук. вісн. будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2009. – Вып. 54. – С. 46–51.

17. Колотило, М.І. Труби, фасонні деталі, арматура та обладнання систем зовнішнього водопостачання і каналізації [Текст]: довідковий посібник / М.І. Колотило та ін. – Харків: Митець, 2004. – 253 с.

Гончаренко Дмитрий Федорович, д-р техн. наук, профессор, проректор по научно-педагогической работе Харьковского национального университета строительства и архитектуры. Тел.: (057)700-02-40. E-mail: gonch@kstuca.kharkov.ua.

Алейникова Алевтина Игоревна, аспирантка кафедры технологии строительного производства Харьковского национального университета строительства и архитектуры.

Паболков Владимир Васильевич, технический директор КП «Харьковводоканал».

Старкова Ольга Владимировна, канд. техн. наук, доцент кафедры экономической кибернетики и информационных технологий Харьковского национального университета строительства и архитектуры. Тел.: (067)753-58-86. E-mail: starkova_o@ukr.net.

Goncharenko Dmytro F., doct. of techn. sciences, professor, Vice Rector of research and educational work, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture. Tel.: (057)700-02-40. E-mail: gonch@kstuca.kharkov.ua.

Aleynikova Alevtina I., postgraduate student Chair of construction technologies, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture.

Pabolkov Volodymir V., Technical Director, Communal Enterprise «Kharkivvodokanal».

Starkova Olga V., cand. of techn. sciences, Associate Professor, Department of Economic Cybernetics and Information Technologies, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture. Tel.: (067)753-58-86. E-mail: starkova_o@ukr.net.