

## ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИ- СТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ Г. ХАРЬКОВА

Дмитрий Гончаренко, Алевтина Алейникова<sup>1</sup>, Ефим Клейн<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

Адрес: Украина, 61002, г. Харьков, ул. Сумская, 40

E-mail: gabriel222@rambler.ru

<sup>2</sup> КП «Харьковводоканал»

Адрес: Украина, 61013, г. Харьков, ул. Шевченко, 2

**Аннотация.** Рассмотрен комплекс организационно-технологических мероприятий, направленный на обеспечение надежного функционирования системы водоснабжения г. Харькова, представлены технологические особенности производства восстановительных работ на водопроводных сетях города.

**Ключевые слова:** водопроводная система, сеть водоснабжения, износ, надежность, восстановление.

### ВВЕДЕНИЕ

В последние годы всё большее внимание уделяется вопросам обеспечения надежности и безотказности работы водораспределительной системы, а также восстановлению подземных трубопроводов водоснабжения. На сегодняшний день большая часть систем водоснабжения Украины, в том числе г. Харькова, по техническому состоянию прогрессируя приближается к аварийному. Отсутствие финансирования в 90-х годах XX столетия привело к постепенному физическому и моральному старению систем и оборудования, увеличению аварийности на объектах и сетях, снижению качества питьевой воды, увеличению негативного воздействия на окружающую природную среду и тому подобное. Следует отметить, что в последние годы были попытки возобновить финансирование отрасли, но его объемы оказались недостаточными для восстановления всех звеньев систем водоснабжения, которые практически исчерпали свой эксплуатационный ресурс. В связи с этим вопрос повышения надежности функционирования систем водоснабжения стоит как никогда актуально.

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ, МАТЕРИАЛОВ, МЕТОДОВ

Вопросам надежного функционирования и эксплуатационной долговечности систем водоснабжения и поиска эффективных технологических решений в процессе ремонтно-восстановительных работ посвящены работы ученых Украины, России, Германии и других стран: В. Петросова [12], Н. Колотило [8], Д. Гончаренко [2-4], П. Махнева [9], С. Храменкова [14-16], В. Орлова [10,11], А. Примина [13], Хайнриха Вевелера [3,4,5], Питера Брусига [18], Михаэля Ульбиха [20], Адольфа Бема [17], Герхарда Кисельбаха [19] и других. Следует отметить, что немецкие ученые уделяют значительное внимание прокладке и ремонту трубопроводов водоснабжения с использованием бестраншейных тех-

нологий восстановления. Весомый вклад в развитие водораспределительной системы г. Харькова был внесен В. Петросовым, автор [12] значительное внимание уделил вопросам повышения эксплуатационной долговечности систем водоснабжения. Его многолетние наблюдения и исследования позволили определить тенденцию развития и влияние процесса инкрустации на пропускную способность трубопровода.

В исследованиях Д. Гончаренко и Х. Вевелера [3-5] большое внимание уделено вопросам обеспечения надежности и безотказности работы водопроводной системы, а также восстановления водопроводных магистралей бестраншейным способом с применением полиэтиленовых труб.

В настоящее время все большее число исследователей серьезно рассматривают перспективы закрытого способа восстановления трубопроводов, выделяют важность масштабного внедрения экономических технологий проведения ремонтно-восстановительных работ закрытым способом.

В. Орлов [10,11] отмечает, что бестраншейные технологии, ввиду своих преимуществ перед открытым способом восстановления, обладают такой характеристикой, как экологичность производства ремонтно-восстановительных работ.

Следует отметить тот факт, что открытый способ ремонта трубопроводов водоснабжения имеет ряд преимуществ перед закрытым способом: рационален при небольшой глубине заложения трубопроводов и относительно небольшой протяженности восстанавливаемого участка, а также при отсутствии специализированного оборудования для бестраншейных технологий.

Несмотря на отечественный и зарубежный опыт, многочисленные и объёмные исследования в области ремонта и восстановления водопроводных систем, представляет интерес вопрос организационных и технологических особенностей повышения надежности их функционирования на практике.

## ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью данного исследования является научное обоснование и поиск путей повышения надежности функционирования систем водоснабжения г. Харькова.

Для достижения поставленной цели поставлены следующие задачи:

- исследовать комплекс мероприятий, направленных на повышение надежности функционирования системы водоснабжения г. Харькова путем проведения ремонтно-восстановительных работ на водопроводных сетях в районе пр. Московского;
- проанализировать существующие материалы и средства механизации, применяемые при выполнении восстановительных работ;
- рассмотреть технологические особенности проведения работ и научно обосновать выбор вариантов восстановления сетей водоснабжения.

## ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

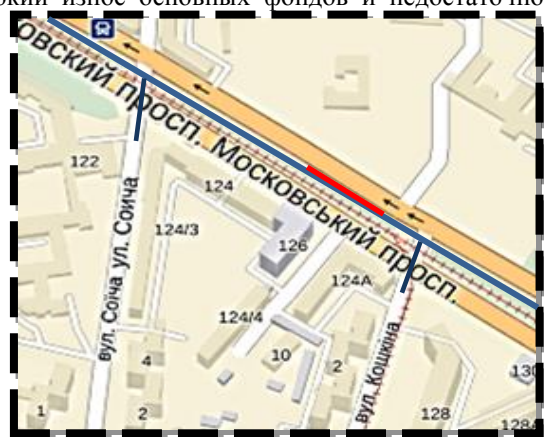
Система водоснабжения представляет собой комплекс сооружений для обеспечения определенной (данной) группы потребителей (данного объекта) водой в требуемых количествах и требуемого качества. Кроме того, система водоснабжения должна обладать определенной степенью надежности, т.е. обеспечивать снабжение потребителей водой без недопустимого снижения установленных показателей своей работы в отношении количества или качества подаваемой воды (перерывы или снижение подачи воды или ухудшение ее качества в недопустимых пределах) [11]. Ключевым элементом ее являются водопроводные сети различного диаметра и запорно-регулирующая арматура. В существующих условиях эксплуатирующее предприятие системы водоснабжения г. Харькова осуществляет свою деятельность на грани технических и организационных возможностей, про что свидетельствуют высокий износ основных фондов и недостаточное

финансирование отрасли водопроводного хозяйства. Общая протяженность сетей водоснабжения города составляет около 2100 км, 35 % из которых находятся в аварийном состоянии [2].

Ограниченное выделение финансовых ресурсов на плановый капитальный ремонт водопроводных сетей влечет за собой интенсивный поиск организационно-технологических решений, позволяющих обеспечить экономическую эффективность от последующей эксплуатации систем водоснабжения г. Харькова.

Представляет интерес опыт производства ремонтно-восстановительных работ на сетях водоснабжения по пр. Московскому в г. Харькове. В связи с полной реконструкцией проспекта в части капитального ремонта дорожного полотна и трамвайных путей вопрос обеспечения надежного функционирования подземных коммуникаций, в частности систем водоснабжения, стоял особо остро. Также было установлено, что при условии восстановления изношенных участков водопроводной системы, замене запорно-регулирующей арматуры возможно частично оптимизировать действие насосного агрегата на насосной станции № 29, что позволит обеспечить энергосбережение. Ввиду этого был разработан комплекс мероприятий, направленный на повышение надежности функционирования системы водоснабжения в районе жилого массива Малышева по пр. Московскому, который включает:

- частичную замену изношенных участков водовода DN 900, проходящему на зеленой полосе, а также под реконструируемыми трамвайными путями;
- строительство перемычек (соединение водовода DN 900 с тупиковыми сетями водоснабжения) по ул. Соича и ул. Кошкина;
- замену запорно-регулирующей арматуры в колодцах в зоне реконструкции (рис. 1).



- Водовод DN 900 по пр. Московскому
- Участок водовода под восстановление
- Трасса строительства перемычки DN 250 по ул. Соича
- Трасса строительства перемычки DN 400 по ул. Кошкина

Рис. 1. Комплекс мероприятий восстановления сетей водоснабжения по пр. Московскому в г. Харькове  
Fig. 1. Restoration of water supply laid on ave. Moskovskiy in Kharkov

В зоне реконструкции по пр. Московскому проходит чугунный водовод DN 900, отдельные части которого выполнены из стали (рис. 2), рабочее давление в сети составляет 5,5-6 атм. Оценка его состояния выполнялась с помощью телеинспекционной установки (рис. 3).

В ходе телеинспекционного контроля установлено, что техническое состояние стального участка водовода находится в крайне изношенном, аварийном состоянии, его внутренняя поверхность подвержена коррозионным процессам и зарастанию, наблюдается значительное уменьшение толщины стенки трубы (рис. 4).

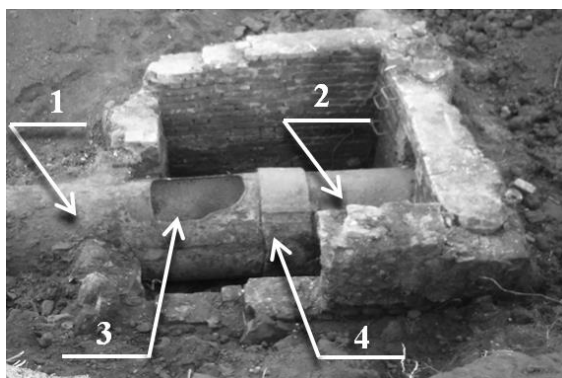


Рис. 2. Узел соединения труб водовода по пр. Московскому:

1- стальная труба; 2 - чугунная труба; 3 - окно для видеосмотра; 4 - стыковое соединение

Fig. 2. Butt joint pipe conduit ave. Moscovskiy:

1 - steel pipe; 2 - cast iron pipe; 3 - box for installation videoinspction; 4 - butt joint



Рис. 3. Телеинспекция водовода DN 900

Fig. 3. Teleinspection of water conduit DN 900

Ввиду того что давление в водоводе составляет 5,5-6 атм. его будет достаточно для надежного водоснабжения жителей жилого массива Малышева и пос. Артема (за исключением жилых домов этажностью выше 9 этажей, в которых предусматриваются подкачивающие установки для обеспечения необходимого напора) необходимо частично изменить зону влияния насосной станции № 29 на данный район, путем строительства переемычек (соединение водовода DN 900 по пр. Московскому с тупи-

ковыми сетями водоснабжения по ул. Соича и ул. Кошкина).



Рис. 4. Внутренняя стенка стального водовода DN 900

Fig. 4. The inner wall of the steel culvert DN 900

Первым этапом реализации мероприятий по повышению надежности водоснабжения рассматриваемого микрорайона г. Харькова является восстановление изношенного участка DN 900. Исследуемый участок стального трубопровода имеет овальное сечение, ориентировочная протяженность которого составляет ориентировочно 20 п.м. После анализа технико-экономических показателей технологий восстановления, выводов и результатов работы автоматизированной информационной системы выбора рационального способа восстановления сетей водоснабжения установлено, что открытый ремонт наиболее применим для заданных условий [1]. Вместо технически изношенного участка водовода открытым способом был уложен трубопровод с внутренним защитным покрытием DN 800. Технологическая последовательность выполнения ремонта водовода открытым способом заключалась в следующих операциях: спуск воды в водоводе, планировка трассы восстановления бульдозером, рытье траншеи одноковшовым экскаватором с обратной лопатой с последующим укреплением стенок котлована (рис.5), демонтаж существующего поврежденного трубопровода с последующей зачисткой дна котлована и подготовкой к укладке нового трубопровода (рис.6), укладка труб новых в котлован, стыковка участков трубопровода, сварка стыковых соединений труб, зачеканка стыка «чугун-сталь», проверка качества зачеканки и сварки стыковых соединений, гидравлические испытания трубопровода, обратная засыпка траншеи [6].

В соответствии с разработанной технической документацией укладка труб в траншею на песчаной подушке 10 см выполнялась с последующей присыпкой трубы на высоту не менее 20 см. Монтаж стыков труб производится непосредственно в траншее. Поскольку концы трубы из чугуна и стали одинакового диаметра DN 900 (на конец стального водовода DN800 предварительно был наварен стальной переход DN900), то соединение труб «чугун-сталь» производят по той же технологии, что и сты-

ковку двух чугунных труб – в чугунную трубу выполняется зачеканка стальной трубы (рис.7).



Рис. 5. Разработка грунта и устройство траншеи под замену участка водовода

Fig. 5. Excavation of the trench and the device under section culvert replacement



Рис. 6. Монтажные/демонтажные работы восстановления водовода в г. Харькове

Fig. 6. Installation / dismantling recovery conduit in Kharkiv

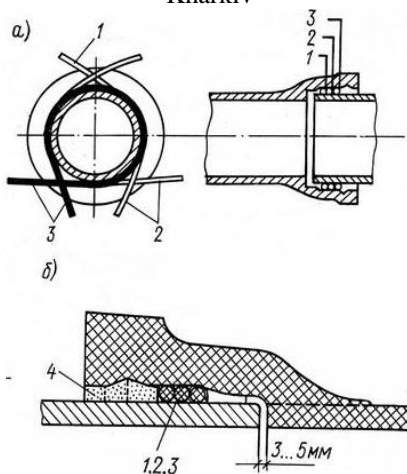


Рис. 7. Стыковое соединение «чугун-сталь»:

а – последовательность укладки пеньковых прядей;

б – готовый стык

1, 2, 3 – пеньковые пряди;

4 - свинцовый замок.

Fig. 7. The joint pressure iron tubes:

a - stacking sequence strands of hemp;

b - finished joint

1, 2, 3 - hemp strands; 4 - plumbum castle.

К переходам водопроводной линии под автомобильной дорогой и трамвайными путями выдвигаются дополнительные требования обеспечения надежности, так как разрыв или повреждение их может привести к созданию аварийной ситуации. Эти переходы осуществляют, как правило, в специальных кожухах (футлярах). Кожух перехода служит для предохранения рабочего трубопровода от нагрузок, возникающих от движения транспорта, и для защиты его от воздействия агрессивных грунтов и блуждающих токов [7]. Футляр выполняется из стальных или полиэтиленовых труб. Участок водовода по пр. Московскому, проходящий непосредственно под трамвайными путями, предусмотрено уложить в стальной кожух (рис.8).



Рис. 8. Монтаж водовода в кожух

Fig. 8. Installation water supply in housing

Вторым этапом реализации мероприятий по повышению надежности водоснабжения микрорайона г. Харькова является строительство перемычек (соединение водовода DN 900 по пр. Московскому с тупиковыми сетями водоснабжения по ул. Соича и ул. Кошкина). По ул. Кошкина через реконструируемую проезжую часть с трамвайными путями была уложена открытым способом водопроводная сеть PE100 DN 400 в полиэтиленовом кожухе (оребрённые PE трубы кожуха соединяются друг с другом путем завинчивания) (рис. 9,10).



Рис.9. Труба PE100 DN 400 для строительства перемычки по ул. Кошкина

Fig. 9. Pipe for construction of the cofferdam by Koshkin str.



Рис. 10. Кожух трубы перемычки по ул. Кошкина  
Fig. 10. Pipe cover jumper by Koshkin str.

Подготовка к началу работ по прокладке перемычки состоит из следующих операций:

- выполнение вертикальной планировки территории;
- выполнение геодезической разбивки трассы с закреплением на местности;
- обозначение (отшурфование) пересекаемых или находящихся в зоне работы действующих подземных (надземных) коммуникаций;
- доставка на строительную площадку песка, РЕ труб, отводов, бетонных упор (в комплекте с резиновыми уплотнительными кольцами) и т.д.;
- открытие траншеи (при необходимости выполнение крепления вертикальных стенок (рис. 11).



Рис. 11. Открытие траншеи для строительства водопроводной перемычки

Fig. 11. The opening of the trench for the construction of water jumpers

Земляные работы при прокладке сети из труб РЕ, крепление стенок траншей, водоотлив и водопонижение следует производить в соответствии с требованиями главы ДБН по отдельной технологической документации.

Монтаж трубопроводов осуществляется на дне траншеи. Опускание труб в траншею производится краном с помощью гибкого стропа [6] (рис. 11, 12).



Рис. 11. Монтажные работы сети по ул. Кошкина  
Fig. 11. Pipe installation by Koshkin str.



Рис. 12. Монтаж РЕ водопроводной сети в кожух  
Fig. 12. Installation of PE water supply in housing

Стыки свариваемых РЕ труб нагревают с помощью нагревательного инструмента с антипригарным покрытием на рабочих поверхностях, а также с помощью муфт с закладным нагревателем (рис. 13). После достижения требуемой температуры нагреваемый элемент извлекают из зоны соединения. Свариваемые трубы прижимают друг к другу, постепенно повышая давление прижима до установленного технологией значения. При этом давлении стык выдерживают определенное время, в течение которого происходит охлаждение шва [4].

Соединение перемычки со стальной трубой по ул. Кошкина производилось с помощью фланцевого соединения через буртовую втулку.

Обратная засыпка траншеи производится после предварительного испытания трубопровода. На рис. 14 представлена схема уплотнения грунта вокруг трубопровода при обратной засыпке траншеи.

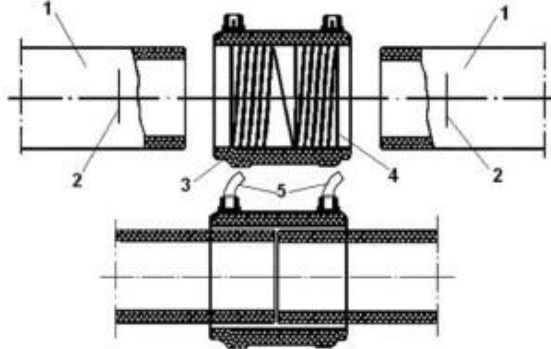


Рис. 13. Схема соединения труб муфтой с закладным нагревателем:

1 – труба; 2 – метка посадки муфты и механической обработки поверхности трубы; 3 – муфта; 4 – закладной нагреватель; 5 – токоподводящий (сварочный) кабель.

Fig. 13. The circuit connection pipe coupling with embedded heater:

1 - trumpet; 2 - label landing sleeve and the machining surface of the tube; 3 - mufta; 4 - mortgage heater; 5 - current-supplying (welding) cable.

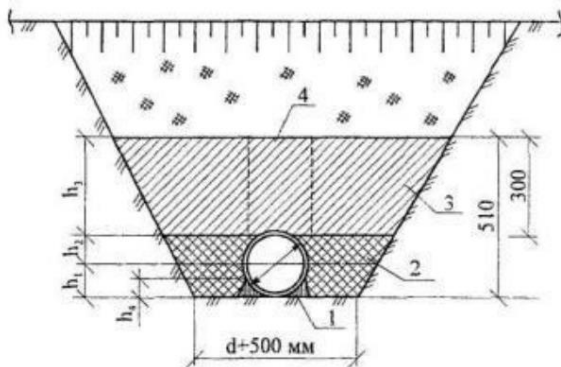


Рис. 14. Схема уплотнения грунта вокруг трубопровода при засыпке траншеи:

$h_1, h_2$  – 1/2 диаметра трубы;  $h_3$  – 300 мм;  
 $h_4$  – 0,35 диаметра трубы;

Fig. 14. Driving compacting soil around the pipeline during backfilling:

$h_1, h_2$  - 1/2 the diameter of the pipe;  $h_3$  - 300 mm;  
 $h_4$  - 0,35 diameter of the pipe;

Слои грунта в пазухах между стенками траншеи и трубопроводом уплотняются ручной механической трамбовкой типа ИЭ-4505 и др. Подбивка грунтом РЕ трубопровода (зона 1) производится на высоту  $h_4$  ручным немеханизированным инструментом (штоккой и др.) Засыпка пазух траншеи в зонах 2 и 3 выполняется послойно толщиной 15 см. Засыпка выполняется одновременно с двух сторон трубы на высоту  $h_1, h_2, h_3$ . Уплотнение защитного слоя производится ручными механизированными трамбовками ИЭ-4505, кроме участка над трубопроводом в зоне 4.

Котлованы под водопроводные колодцы разрабатывают одновременно с траншеями для укладки водопроводной сети (перемычки). Строительство колодцев производится в следующей последовательности:

- разработка котлована;
- подчистка дна котлована, проверка соответствия проекту отметок дна и крутизны откосов;
- обработка основания под колодцы дегтевыми или битумными материалами на глубину не менее 0,2 м с тщательным трамбованием;
- устройство бетонной подготовки;
- монтаж сборных железобетонных элементов колодца;
- затирка цементным раствором швов между элементами колодца;
- изоляции внутренней поверхности колодца битумом на высоту 1,0 м;
- засыпка колодца грунтом с тщательным трамбованием и устройством водоупорного замка на вводах труб;
- устройство бетонной отмостки вокруг горловины колодца шириной 1,5 м.

Третьим этапом реализации мероприятий по повышению надежности водоснабжения микрорайона является замена технически-изношенной запорно-регулирующей арматуры в колодцах в зоне реконструкции на современную марки HAWLE (рис. 15).



Рис. 15. Замена технически изношенной чугунной задвижки на задвижку с обрезиненным клином  
Fig. 15. Replacing technically worn iron gate bolted with rubber-wedge

Особое внимание при строительстве и проведении восстановительных работ на сетях водоснабжения следует уделить соблюдению требований безопасности и охраны труда. При производстве

работ по прокладке водораспределительных сетей, связанных с размещением рабочих в траншее, необходимо учитывать следующие опасные и вредные производственные факторы, связанные с характером работы:

- обрушающиеся грунты;
- падающие предметы;
- движущиеся машины и их рабочие органы, а также передвигаемые ими предметы;
- расположение рабочего места вблизи перепада по высоте 1,3 м и более;
- повышенное напряжение в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- химически опасные и вредные производственные факторы.

Для предупреждения воздействия на работников опасных и вредных производственных факторов при укладке трубопроводов в зоне реконструкции пр. Московского обеспечивалось соблюдение следующих мероприятий по охране труда:

- соблюдение безопасной крутизны незакрепленных откосов траншей с учетом нагрузки от машин и грунта;
- выбор типов машин и средств механизации, применяемых при укладке труб, и мест их установки;
- дополнительные мероприятия по контролю и обеспечению устойчивости откосов в связи с сезонными изменениями;
- определение мест установки и типов ограждений котлованов и траншей, а также лестниц для спуска работников к месту работ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гончаренко Д., Старкова О., Алейникова А. 2014. Разработка автоматизированной системы выбора способа восстановления водоводов с использованием аппарата нечеткой логики // Системи обробки інформації: Наук.-техн. зб. – Харків: ХУПС ім. Івана Кожедуба. – Вип. 8 (124). – 18-23.
2. Гончаренко Д., Алейникова А. 2013. Водопроводные сети г. Харькова и возможные пути повышения их эксплуатационной долговечности // MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture: Polish Academy of sciences. – Lublin. –Vol. 15. – № 6. – 3-10.
3. Гончаренко Д., Вевеллер Х. 2008. Состояние трубопроводов водоснабжения и основные технологии их ремонта // Наук. вісн. будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – Вип. 49. – 37-42.

#### ВЫВОДЫ

В условиях ограниченного финансирования и экономии энергетических ресурсов вопросы поиска эффективных организационно-технологических решений вызывают интерес у эксплуатирующих предприятий водопроводного хозяйства Украины. Состояние водопроводных систем г. Харькова находится в состоянии высокого технического износа, о чем свидетельствует высокая интенсивность отказа надежности водораспределительных сетей.

В данной работе исследован комплекс мероприятий, направленных на повышение надежности функционирования системы водоснабжения г. Харькова путем проведения ремонтно-восстановительных работ на водопроводных сетях в районе реконструкции пр. Московского; проанализированы существующие материалы и средства механизации, применяемые при выполнении восстановительных работ на водораспределительных сетях; рассмотрены технологические особенности проведения работ и соблюдения техники безопасности и охраны труда

Организационно-технологические решения строительства и ремонта систем водоснабжения по пр. Московского в г. Харькове направлены, прежде всего, на обеспечение надежного функционирования централизованного водоснабжения и частичную оптимизацию (с учетом энергоэффективности в случае изменения зон влияния насосной станции № 29 и водовода DN 900 по пр. Московскому). В дальнейшем представляет интерес детально исследовать зоны влияния насосной станции № 29 для просчета эффективности выполненных работ и расчета срока окупаемости предложенных мероприятий.

4. Гончаренко Д., Вевеллер Х., Паболков В. 2010. О необходимости учета прочностных свойств полиэтиленовых труб в технологическом процессе ремонта сетей водоснабжения // Зб. наук. праць ПДАБА. – Днепропетровск: ПГАСА. – Вип. 52. – 113-119.
5. Гончаренко Д., Старкова О., Вевеллер Х., Алейникова А. 2010. К вопросу о состоянии сетей водоснабжения Харькова. // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. – К.: Техника. – Вип. 98. – 55-59.
6. Журба М., Соколов Л., Говоруха Ж. 2010. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: в 3 т. Т. 3. Системы распределения и подачи воды.– изд. 3-е, перераб. и доп.: Учеб. пособие. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов. – 408.
7. Герасименко А. 1987. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений: Справочник в 2-х томах. – М.: Машиностроение.– Т.2.– 784.
8. Колотило М. та ін. 2004. Труби, фасонні деталі, арматура та обладнання систем зовнішнього во-

- доставляння і каналізації: Довідковий посібник. – Харків: Митець. – 253.
9. Махнев П., Юдин М. и др. 2003. Разработка программы реконструкции водопроводных сетей на основе моделирования процесса подачи и распределения воды // Водоснабжение и санитарная техника (ВСТ). – Вып. 10. – 2–5.
  10. Орлов В. 1997. Эксплуатация, реконструкция и строительство водопроводных и водоотводящих сетей с учетом экологического фактора // Строительство и архитектура. – Вып. 2. – 33.
  11. Орлов В., Харькин В. 2001. Стратегия и методы восстановления подземных трубопроводов. – М.: Стройиздат. – 94.
  12. Петросов В. 2007. Устойчивость водоснабжения. – Харьков: Издательский дом «Фактор». – 357.
  13. Примин О. 2006. Оценка и прогноз технического состояния трубопроводов // Водоснабжение и санитарная техника (ВСТ). – Вып. 1, ч. 1. – 25–28.
  14. Храменков С. и др. 1998. Современные бестраншейные методы ремонта трубопроводов // Водоснабжение и санитарная техника (ВСТ). – Вып. 3. – 6–9.
  15. Храменков С. 2003. Принципы обеспечения надежности водопроводной сети в условиях сокращения водопотребления // Водоснабжение и санитарная техника (ВСТ). – Вып. 5, ч. 2. – 27–31.
  16. Храменков С., Примин О. 1998. Оценка надежности трубопроводов системы водоснабжения Москвы // Водоснабжение и санитарная техника (ВСТ). – Вып. 7. – 6–9.
  17. Böhm A. 1993. Betrieb, Instandhaltung und Erneuerung des Wasserrohnetzes Vulkan-Verlag Essen. – 92.
  18. Brussig P. 1994. Die Kanalisation Dresdens – Eine technische Meisterleistung unserer Urgroßväter // 3R international. – №9. – 505–508 und Wasserwirtschaft–Wassertechnik. – №2. – 33–36.
  19. Kiesselbach G. 2004. Sicherheit and Nutzungsdaner erdverlegter PE–Druckrohrleitung // Wasser–Abwasser. – №2. – 118–123.
  20. Ulbrich M. 2002. Trinkwasserrohrleitung aus Polyetylen // Wasser–Abwasser. – №5. – 413–420.
  21. Технологическая карта на прокладку наружных сетей водопровода [Электронный ресурс] – режим доступа: [http://www.1alpha.ru/dokumentaciya/tehnologicheskaja\\_karta.pdf](http://www.1alpha.ru/dokumentaciya/tehnologicheskaja_karta.pdf)
- ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL MEASURES IMPROVING THE RELIABILITY OF WATER SUPPLIES IN KHARKIV**
- Abstract.** The complex of organizational and technological measures aimed at ensuring the reliable operation of the water supply system in the city of Kharkiv, presented the technological features of production rehabilitation works on water supply networks of the city.
- Keywords:** water system, water supply network, wear, reliability, recovery