



Очистка трубопроводных коммуникаций с использованием льда

Эксплуатация городских водопроводных и канализационных сетей, как в отечественной, так и в зарубежной практиках, предусматривает их периодическую чистку или промывку [1]. При реализации бестраншейных технологий реновации трубопроводного транспорта операции по прочистке становятся обязательными для гарантии качественного выполнения строительных работ [2, 3]. Удаляя с внутренних стенок трубопроводов загрязнения и препятствия при реализации соответствующих методов бестраншейной реконструкции (например, при протаскивании и закреплении в старых трубопроводных сетях полимерных труб, рукавов или ленточных облицовок), исключаются повреждения наружной поверхности новых труб или защитных покрытий [4, 5]. Наличие каких-либо загрязнений на внутренних стенках городских водопроводных сетей провоцирует появление цветности транспортируемой воды, а также приводит к повышению гидравлических сопротивлений течению потока [6].

На практике используются различные методы очистки трубопроводных коммуникаций от загрязнений [7, 8]:

□ водяной или гидромеханический (с дополнительными механическими рабочими органами в виде фрез, щёток, швабр, скребков, шарошек, которые устанавливаются на гибком валу) — данный метод

применяется для очистки труб диаметром не более 100 мм при условии отсутствия уплотнённых бугристых наносов;

□ механические в виде стержневых устройств, а также различного типа спиралевидных, в том числе эластичных скребков, движущихся за счёт перепада давлений [9] — метод очистки наиболее эффективен для стальных трубопроводов относительно малого диаметра при уплотнённых наростах окислов железа и карбонатных отложений даже при наличии поворотов трубопровода;

□ механические с цилиндрическими поршневыми скребками из полиуретана с дополнительным покрытием ворсистым металлическим патроном — метод прочистки применяется для диаметров трубопроводов 80–150 мм;

Удаляя с внутренних стенок трубопроводов загрязнения и препятствия при реализации соответствующих методов бестраншейной реконструкции (при протаскивании и закреплении в старых трубопроводных сетях полимерных труб, рукавов или ленточных облицовок), исключаются повреждения наружной поверхности новых труб или защитных покрытий

Рецензия эксперта на статью получена 19.03.2018 [Expert review on the article was received on Mart 19, 2018].

УДК 628.1+628.2

Очистка трубопроводных коммуникаций с использованием льда

В. А. Орлов, д.т.н., профессор, заведующий кафедры водоснабжения и водоотведения; **О. В. Савельев**, бакалавр; **Т. А. Фёдорова**, бакалавр, Институт инженерно-экологического строительства и механизации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)

Представлен перечень и произведён анализ возможностей методов прочистки трубопроводов систем городского водоснабжения и водоотведения. Особое внимание уделено перспективному ледяному методу очистки трубопроводных коммуникаций. Представлена сущность метода ледяной очистки труб. Описан алгоритм эффективной реализации процесса ледяной очистки в виде последовательности соответствующих операций.

Ключевые слова: трубопроводы водоснабжения и водоотведения, ледяная очистка.

UDC 628.1+628.2

The cleaning of pipeline of communication with the use of ice

V. A. Orlov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Water Supply and Sanitation; **O. V. Save'lev**, undergraduate student; **T. A. Fedorova**, undergraduate student, Institute of Environmental Engineering of the Construction and Mechanization, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU)

In this article the list of possibilities of different methods of pipeline cleaning of systems of city water supply and disposal and made the analysis of this issue are submitted. A special attention is paid to a perspective method of icy pipeline communications cleaning. Also the substance of a method of icy cleaning and its effectiveness comparing with the alternative methods of cleaning of pipes is presented. In addition to that, the algorithm of efficient realization of process of icy cleaning in the form of the sequence of the appropriate operations is described.

Keywords: the pipelines of water supply and sanitation, ice cleaning.

□ водовоздушный метод, который применяется для трубопроводов диаметром 200–250 мм — при наличии рыхлых отложений ржавчины и протяжённостью обрабатываемого участка за один проход до 2000 м;

□ гидравлический на базе реактивных головок или гидрокавитационных сопел — метод возможно применять для любого диаметра трубы, при этом достигается зеркальный блеск, а также одновременно может наноситься антикоррозийное внутреннее защитное покрытие;

□ гидродинамический с использованием высоконапорных струй (давление до 350 МПа), который позволяет обрабатывать трубопроводы диаметром до 400 мм и протяжённостью за один проход до 1200 м, а также для очистки канализационных трубопроводов диаметром до 750 мм, в которые проникают корни деревьев и кустарников;

□ гидрохимический, заключающийся в использовании химических реактивов для удаления оксидов железа и карбонатных отложений с внутренних стенок трубопроводов с помощью специально приготовленных растворов;

□ биологический, реализуемый с помощью пенных гербицидов, которые нагнетаются в опорожнённый канализационный трубопровод и нарушают нормальное развитие корней деревьев и кустарников, проникающих в открытые щели на трубопроводах, — после отмирания корней они выносятся потоком воды в ближайшие смотровые колодцы;

□ импульсный (например, электрогидроимпульсный, при котором образуется ударная волна, разрушительно воздействующая на отложения, имеющиеся на стенках трубопроводов) — метод эффективен для прочистки трубопроводов диаметром до 300 мм и протяжённостью до 300 м;

□ ультразвуковой, который реализуется за счёт ультразвука, распространяющегося в жидкой среде либо в материале очищаемого оборудования;

□ гидробародинамический способ, в основе которого используется воздействие нескольких физических факторов при движении вдоль трубопровода специальных поршней;

□ ледяной, основа которого состоит в использовании специально подготовленного льда для сорбции находящихся на внутренней поверхности труб загрязнений и вывода их из трубопровода.

Представленные выше методы очистки трубопроводов обладают определённой технологической спецификой, позволяющей использовать их в различных си-

Весомую альтернативу существующим методам очистки трубопроводов представляет метод ледяной очистки. Этот метод разработан в Австралии и в течение нескольких лет опробован для очистки трубопроводных сетей систем водоснабжения и канализации

туациях по удалению обрастаний с внутренних поверхностей трубопроводов. Некоторые методы (например, водяной или водовоздушный) при использовании для промывки трубопроводов требуют длительной обработки поверхностей труб с расходом больших объёмов промывочной жидкости по причине медленного перехода загрязнений в суспензию. Другие методы очистки трубопроводов

вании свойств льда: вязкости, прочности, теплопередачи, усилий на сдвиг и способности эффективно сорбировать загрязнения. Опыт применения метода на различных объектах показал, что ледяная очистка трубопроводов является эффективной, оперативной и экологически безопасной.

Однако реализация метода ледяной очистки трубопроводов требует тщательного планирования, как в процессе приготовления исходного продукта (льда), так и в процессе его подачи в трубопровод и отвода в виде жидкости. При этом особые требования предъявляются к качеству льда при организации процесса ледяной очистки трубопроводов питьевого водоснабжения — используемый для очистки лёд должен соответствовать санитарным требованиям для контакта с трубопроводом, то есть являться гигиенически чистым.



:: Рис. 1. Общий вид генератора льда из нержавеющей стали

относятся к дорогостоящим и имеют специфическую направленность.

Например, гидрохимический метод служит лишь для удаления железистых и карбонатных отложений, биологический — корней деревьев и кустарников, проникающих в трубопровод через дефекты в его стенках и через дефекты в раструбах.

Весомую альтернативу всем перечисленным методам представляет метод ледяной очистки. Этот метод разработан в Австралии (в Университете Бристоля) и в течение нескольких лет опробован для очистки трубопроводных сетей систем водоснабжения и канализации [10].

Технология ледяной очистки трубопроводов основана на знании и использо-

Проводимые специалистами исследования показали, что лёд, обладая специфическими реологическими свойствами, формирует внутри трубопровода плотное пространство (фактически заполняет всё живое сечение) и легко адаптируется к любой топологии трубопровода (сужения, повороты, расширения), что в результате обеспечивает высокую степень очистки внутренней поверхности трубопроводных сетей.

В случае использования льда для очистки водопроводных сетей питьевого водоснабжения, он должен быть хлорированным и производиться в специальных генераторах льда, которые используются в пищевой промышленности (представлены на рис. 1).

При расчёте количества используемой для прочистки участка трубопроводной сети ледяной смеси необходимо учитывать диаметр и протяжённость очищаемого трубопровода, а также то количество льда, которое будет таять при выходе из него. Во время пребывания в трубопроводе лёд впитывает (адсорбирует) и в последующем выносит минеральные загрязнения и биоплёнку по длине участка трубопровода. При этом необходимо, чтобы его количество было достаточным для полного удаления отложений. В то же время количество растаявшего льда зависит от таких факторов, как температура воды, материал трубопровода и скорость выноса льда.



Рис. 2. Схематичное изображение процесса ледяной чистки трубопровода (Ice Pig) на участке, ограниченном двумя колодцами с перекрытием потока шиберами

К месту использования лёд доставляется большегрузными машинами с большими ёмкостями преимущественно из нержавеющей стали. Эти ёмкости, как правило, изготавливаются по заказу эксплуатирующими сети организациями.

Опыт использования технологии ледяной очистки показал, что объёмы льда, необходимые для реализации операции по прочистке трубопроводов, составляют от 1000 до 25 000 л. Подача льда из ёмкостей осуществляется специальными насосами. Специфика процесса состоит в том, что ледяную массу в ёмкостях требуется перемешивать для обеспечения её нужной консистенции. Резервуары изолированы и могут поддерживать лёд в требуемой консистенции в течение 18 часов перед его использованием в трубопроводе.

Процесс ледяной очистки заключается в подаче льда в трубопроводную сеть через установленные проектом точки входа (например, через пожарные гидранты в системе напорного водоснабжения) и возможном расширении с учётом топологии трубы. На рис. 2 схематично представлено движение ледяной массы в безнапорной канализационной сети в период чистки отдельного участка. При этом необходимо отметить, что подвергаемая очистке часть трубопровода изолируется от остальных участков.

Процесс ледяной очистки заключается в подаче льда в трубопроводную сеть через установленные проектом точки входа (через пожарные гидранты в системе напорного водоснабжения) и возможном расширении с учётом топологии трубы

На рис. 3 представлен процесс прочистки напорного трубопровода ледяной смесью на участке между двумя колодцами с пожарными гидрантами. На этом участке могут быть промежуточные колодцы с запорной арматурой, которая от-

гидранты на каждом конце участка очищаемого трубопровода должны быть открыты. Лёд вводится во входной гидрант, а второй (внизу по течению) открывается для удаления вытесненной воды. После того, как лёд введён, оба гидранта закрываются. Далее открывается задвижка (выше по течению), в результате чего участок очищаемой трубы находится под давлением. Расположенный внизу по течению гидрант постепенно открывается. В результате под давлением воды ледяной столб начинает двигаться вдоль трубы. При прохождении ледяной массы по трубе она адсорбирует минеральные частицы и биоплёнку.

Основные параметры процесса исследуются путём отбора ледяных образцов на выходе из трубопровода. Вытесняемая вода с остатками льда и сорбированными загрязнениями удаляется из системы в конце участка (через гидрант в колодце 4). Загрязнения собирают в специальную ёмкость для отходов с последующей их безопасной утилизацией. Наличие специального передвижного оборудования (агрегатов контроля показателей ледяной очистки) позволяет анализировать основные показатели операции и осуществлять замер скорости передвижения

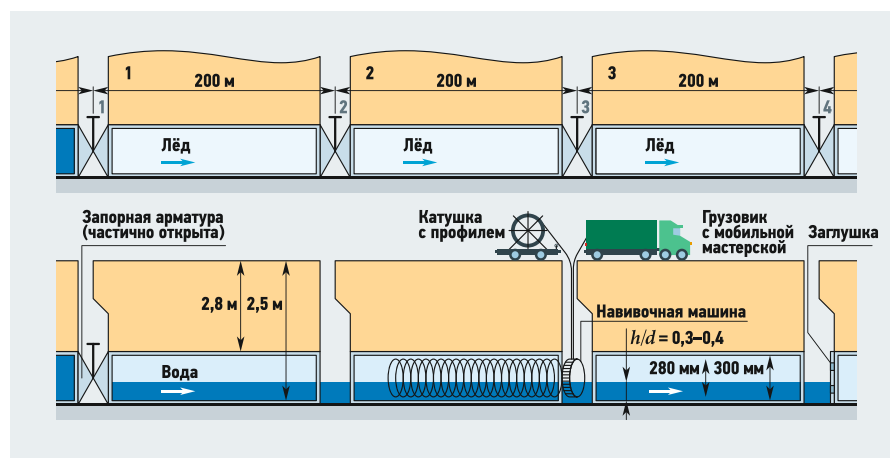


Рис. 3. Схема процесса ледяной очистки участка трубопровода между колодцами 1 и 4 (сверху) и схема процесса реновации трубопровода ленточной облицовкой (снизу)

крывается для беспрепятственного прохождения ледяной смеси по всей длине очищаемого участка. Для полноты картины на рис. 3 (внизу) представлена схема реализации наливочного устройства.

Эффективность процесса ледяной очистки обеспечивается строгим выполнением соответствующих операций. Герметизация подвергаемого ледяной очистке участка трубопровода достигается операциями «открытия-закрытия» запорной трубопроводной арматуры, установленной в предшествующих участку и последующих за ним колодцах. Пожарные

гидранты на каждом конце участка очищаемого трубопровода должны быть открыты. Лёд вводится во входной гидрант, а второй (внизу по течению) открывается для удаления вытесненной воды. После того, как лёд введён, оба гидранта закрываются. Далее открывается задвижка (выше по течению), в результате чего участок очищаемой трубы находится под давлением. Расположенный внизу по течению гидрант постепенно открывается. В результате под давлением воды ледяной столб начинает двигаться вдоль трубы. При прохождении ледяной массы по трубе она адсорбирует минеральные частицы и биоплёнку.

Продолжительность процесса ледяной очистки диктуется протяжённостью и диаметрами прочищаемой сети и составляет от нескольких часов до суток. На сегодняшний день зарубежной практикой освоено проведение ледяной очистки на диаметрах до 600 мм включительно.



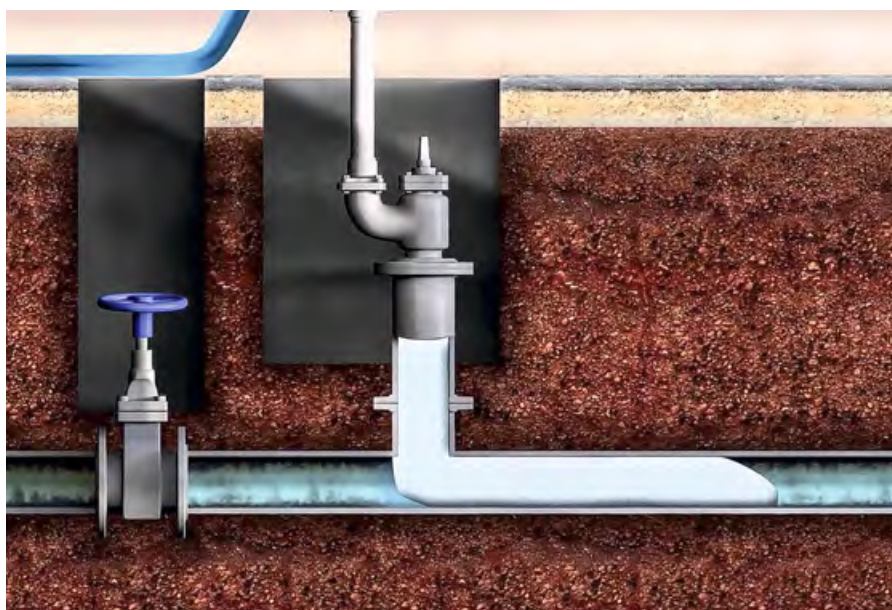
Максимальная протяжённость подвергаемого очистке трубопровода в течение разового прогона может составлять 4500 м (Уэльс, Великобритания). Во время технологического процесса ряд его параметров контролируется операторами. В пилотных проектах, в частности, производился количественный и качественный анализ сорбированных льдом отложений, определение температуры окружающей среды и продолжительности проведения процесса.

Обычно степень загрязнения трубопровода оценивается объёмом удалённых загрязнений на 1 км трубопровода. Согласно статистическим данным, в среднем из старых металлических водопроводных трубопроводов в результате очистки удаляется 10–14 кг загрязнений на 1 км их протяжённости. В отношении продолжительности ледяной очистки можно констатировать следующее. Согласно результатам, полученным в Великобритании (город Нортумбленд), на участке чугунного трубопровода длиной 1908 м и диаметром 300 мм продолжительность очистки

в общей сложности составила пять часов 22 минуты.

Необходимо отметить, что метод ледяной очистки применим также и для канализационных сетей, в которых скапливается значительное количество выпадающих в осадок и твердеющих загрязнений (песок, жир). Это оказывает негативное влияние на пропускную способность

Обычно степень загрязнения трубопровода оценивается объёмом удалённых загрязнений на 1 км трубопровода. Согласно статистическим данным, в среднем из старых металлических водопроводных трубопроводов в результате очистки удаляется 10–14 кг загрязнений на 1 км их протяжённости. Так, на участке чугунного трубопровода длиной 1908 м и диаметром 300 мм продолжительность очистки в общей сложности составила пять часов 22 минуты



водоотводящих сетей. Однако в настоящее время применение метода ледяной очистки канализационных коллекторов не столь обширно, как в трубопроводах, транспортирующих питьевую воду. Мирровая практика констатирует, что процесс очистки канализационных трубопроводов с помощью льда позволяет добиться увеличения пропускной способности трубопроводов на 30 %.

Выводы

1. Метод очистки трубопроводов с использованием льда может быть рассмотрен в качестве составной части бестраншейных технологий и является весомой альтернативой традиционным методам прочистки трубопроводов систем водоснабжения и канализации. Метод ледяной очистки может быть рекомендован для городских трубопроводных систем питьевого водоснабжения в диапазоне диаметров 100–600 мм, а также к канализационным коллекторам. На сегодняшний день в мире свыше 450 км трубопроводных сетей обработано методом ледяной очистки.

2. К преимуществам метода ледяной очистки можно отнести его оперативность, эффективность и экологическую безопасность по сравнению с другими методами, нанесение на внутреннюю поверхность труб ледяной смеси позволяет адсорбировать и удалять наросты ржавчины, биоплёнку и другие загрязнения, а также сохранять гидравлические показатели работы трубопроводов. ●

1. Karsten M. Zustandserfassung von Kanalisationen. WWT: Wasserwirt. Wassertechn. 2007. No. 3. Pp. 10–15.
2. Kuliczowski A., Kuliczowska E., Zwierzchowska A. Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska. Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. z o.o. 2010. 735 p.
3. Rabmer-Koller U. No-dig technologies — innovative solution for efficient and fast pipe rehabilitation. 29 International Conference and Exhibition NO-DIG'2011, Berlin (Germany).
4. Wei G., Xu R., Huang B. Analysis of stability failure for pipeline during long distance pipejacking. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering. 2005. Vol. 24. No. 8. Pp. 1427–1432.
5. Ishmuratov R., Orlov V., Andrianov A. The spiral wound pipeline rehabilitation technique for pipe networks: An application and experience in Moscow City. 31 International Conference and Exhibition NO-DIG'2013, Sydney (Australia).
6. Santiago A., Durango M. Most advanced technology for pipeline inspection in the world: see, measure and navigate in 3D through pipes and manholes. 30 International Conference and Exhibition NO-DIG'2012, Sao Paulo (Brasil).
7. Храменков С.В., Орлов В.А., Харькин В.А. Оптимизация восстановления водоотводящих сетей. — М.: Стройиздат, 2002. 160 с.
8. Zwierzchowska A. Technologie bezwykopowej budowy sieci gazowych, wodociagowych i kanalizacyjnych. Politechnika Świętokrzyska. 2009. 180 p.
9. Орлов В.А., Мешкова Н.И. Ультразвуковая система Piglet. Внутренний осмотр и прочистка трубопроводов // Технологии мира, 2012. №5. С. 43–44.
10. Stephenson M. Ice pigging — a No-Dig technique for cleaning pressurized pipes. 31 International Conference and Exhibition NO-DIG'2013, Sydney (Australia).

References — see page 92.

The cleaning of pipeline of communication with the use of ice. Pp. 32–35.

V. A. Orlov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Water Supply and Sanitation; **O. V. Savel'ev**, undergraduate student; **T. A. Fedorova**, undergraduate student, Institute of Environmental Engineering of the Construction and Mechanization, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU)

1. Karsten M. Zustandserfassung von Kanalisationen. WWT: Wasserwirt. Wassertechn. 2007. No. 3. Pp. 10–15.
2. Kuliczkowski A., Kuliczowska E., Zwierzchowska A. Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska. Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. z o.o. 2010. 735 p.
3. Rabmer-Koller U. No-dig technologies — innovative solution for efficient and fast pipe rehabilitation. 29 International Conference and Exhibition NO-DIG'2011, Berlin (Germany).
4. Wei G., Xu R., Huang B. Analysis of stability failure for pipeline during long distance pipejacking. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering. 2005. Vol. 24. No. 8. Pp. 1427–1432.
5. Ishmurov R., Orlov V., Andrianov A. The spiral wound pipeline rehabilitation technique for pipe networks: An application and experience in Moscow City. 31 International Conference and Exhibition NO-DIG'2013, Sydney (Australia).
6. Khramenkov S.V., Orlov V.A., Khar'kin V.A. *Optimizatsiya vosstanovleniya vodootvodnykh setej* [Optimization of repairs of water networks]. Moscow. Strojizdat ["Stroyizdat" Publishers]. 2002. 160 p.
7. Zwierzchowska A. Technologie bezwykopowej budowy sieci gazowych, wodociagowych i kanalizacyjnych. Politechnika Świętokrzyska. 2009. 180 p.
8. Orlov V.A., Meshkova N.I. *Ul'trazvukovaya sistema Piglet. Vnutrennij osmotr i prochnost truboprovodov* [Piglet ultrasonic system. Internal inspection and cleaning of pipelines]. *Tekhnologii mira* ["World technologies" Magazine]. 2012. No. 5. Pp. 43–44.
9. Stephenson M. Ice pigging — a no-dig technique for cleaning pressurized pipes. 31 International Conference and Exhibition NO-DIG'2013, Sydney (Australia).