

УДК 628.14 + 725.2

**В.А. Орлов, В.А. Нечитаева, И.О. Богомолова,
Ю.А. Шайхетдинова, Ю.Ф. Даминава**

ФГБОУ ВПО «МГСУ»

ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ПРОЧИСТКИ ТРУБОПРОВОДОВ

Представлен анализ эффективных методов прочистки трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения. Особое внимание уделено ледяному методу чистки, при котором за счет налипания ледяной корки на внутреннюю поверхность водопроводных и водоотводящих труб удаляется биологическая пленка и различного типа минеральные и органические отложения, ответственные за ухудшение органолептических показателей транспортируемой питьевой воды или сужающие сечения водоотводящих труб. Особо подчеркнуто, что использование льда по сравнению с другими альтернативными методами чистки труб имеет ряд преимуществ благодаря относительной простоте и дешевизне процесса, оперативности и отсутствию экологического риска. Представлены аппаратура для реализации процесса ледяной чистки, ее технологические параметры, временные диапазоны проведения операций по прочистке, а также объемы удаляемых загрязнений на единицу длины водопроводных и водоотводящих трубопроводов.

Ключевые слова: трубопроводы, методы прочистки, загрязнения, бестраншейная технология, очистка питьевой воды, ледяная чистка.

Согласно регламентам эксплуатации¹ водопроводные и водоотводящие сети подвергаются периодической чистке (интенсивной промывке). Кроме того, эффективная чистка должна производиться и перед большинством бестраншейных ремонтно-восстановительных работ на трубопроводных сетях для удаления из них загрязнений и препятствий при реализации соответствующих методов реновации [1, 2]. При этом должно исключаться повреждение внутренней поверхности трубы или защитных покрытий.

Наличие нежелательных мелкозернистых загрязнений на стенках водопроводных труб приводит к изменению цветности транспортируемой воды, нарушению гидравлического режима работы трубопроводов [3, 4]. В практике эксплуатации трубопроводных сетей известны различные методы их очистки от загрязнений: 1) механические с использованием эластичных и твердых спиралевидных или цилиндрических поршневых скребков; 2) промывку водой под давлением (10...20 МПа) с использованием высоконапорных струй (под давлением до 350 МПа) (2а) и вращательных головок (2б); 3) водо-воздушный; 4) электрогидроимпульсный, гидрохимический; 5) ультразвуковой; 6) биологический и т.д. [5]. В качестве примера первого метода представлено звено механического эластичного скребка (ерша) (рис. 1) [6].

Перечисленные методы очистки трубопроводов имеют свою специфику по удалению различных типов наносов и обрастаний, а также технологические особенности. Например, при использовании для промывки трубопроводов водной или водо-воздушной смеси требуется длительная обработка поверхностей

¹ Хромеников С.В., Примин О.Г. Регламент эксплуатации водопроводной сети. М. : Миклош, 2007. 224 с.

труб с нерациональной затратой больших объемов промывной жидкости, так как не все загрязнения быстро переходят в суспензию. Другие методы весьма дорогостоящи и имеют специфическую направленность, например, гидрохимический метод служит для удаления железистых и карбонатных отложений, биологический — корней деревьев и кустарников, проникающих в трубопровод через дефекты в его стенках.

Определенную альтернативу перечисленным методам представляет метод ледяной очистки, разработанный в университете г. Бристоль (Австралия) и опробованный в трубопроводных системах водоснабжения и водоотведения [7]. Метод ледяной чистки трубопроводов является простым, эффективным, быстрым и экологически безопасным. Лед обладает реологическими свойствами, формируя тем самым плотное «ледяное пространство», которое обеспечивает высокую степень очистки внутренней поверхности труб и легко адаптируется к топологии трубопровода (сужения, расширения, повороты и т.д.). Данная технология основана на знании и использовании свойств льда: прочности, вязкости, усилий на сдвиг, теплопередачи и способности сорбировать загрязнения.

Ледяная чистка требует тщательного планирования как в процессе приготовления льда, так и в процессе его подачи в трубу. Особые требования предъявляются к его качеству. В частности, при очистке сети питьевой воды используемый лед должен быть гигиенически чистым и соответствовать санитарным требованиям. В данном случае он должен быть хлорированным и производиться на машинах (ледогенераторах), используемых в пищевой промышленности. При расчете количества ледяной смеси необходимо учитывать размер и длину очищаемой трубы, а также то количество льда, которое будет таять на выходной точке трубы. В период пребывания в трубопроводе лед впитывает и в последующем выносит осадок и биопленку по длине трубы, поэтому его количество должно быть достаточным для полного удаления отложений. Количество растаявшего льда зависит от таких факторов, как температура воды, материал трубы и скорость выноса льда.

Лед перевозят в больших емкостях из нержавеющей стали, которые изготавливаются на заказ для этой цели. Объемы льда, необходимые для каждой операции, составляют от 1 до 25 тыс. л. Для подачи льда используются специальные насосы. Лед необходимо постоянно перемешивать для того, чтобы он оставался в нужной консистенции. Резервуары изолированы и могут сохранять лед в течение 18 ч перед его использованием для введения в трубопровод.

Лед поступает в трубопроводную систему через определенные точки входа (например, пожарные гидранты) и расширяется с учетом топологии трубы.

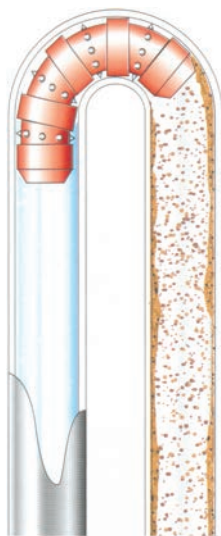


Рис. 1. Система гибких скребковых модулей, движущихся за счет перепада давлений при прохождении поворота трубопровода

При этом подвергаемая очистке часть трубопровода должна быть изолирована от проходящего потока (рис. 2). Это достигается путем закрытия задвижек сверху и снизу по течению. Пожарные гидранты на каждом конце участка очищаемой трубы должны быть открыты. Лед вводится во входной гидрант, а второй (внизу по течению) открывается для удаления вытесненной воды. После того как лед введен, 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 ледяной столб начинает двигаться вдоль трубы под давлением воды. Когда лед проходит по трубе, он удаляет осадок и биопленку, выступая в качестве сорбента.

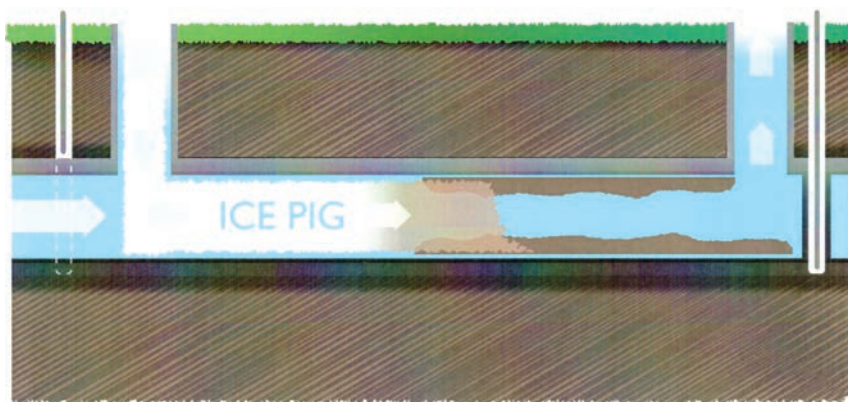


Рис. 2. Общая схема процесса ледяной чистки трубопровода (ICE PIG) на участке, ограниченном двумя колодцами с перекрытием потока шиберами

В нижнем гидранте находится специальное оборудование, используемое для контроля основных параметров операции и проверки скорости движения льда в трубе. Если специальное оборудование указывает на присутствие льда, то его потоком из гидранта отводят в танкер для отходов, где он собирается для безопасной утилизации.

Основные рабочие параметры во время и после операции очистки могут быть измерены с помощью специального оборудования. Ключевые параметры исследуются по ледяным образцам на выходе из трубы. Отложение осадка в образцах измеряется и используется для определения общего количества осадка, удаленного во время операции.

Преимущества технологии очистки заключаются в том, что лед не застревает в трубопроводе, так как в результате он тает; в период очистки потребляется небольшой объем воды (лишь для обеспечения продвижения льда под давлением), а расходы на подвоз и вывоз материалов минимальны.

В отношении продолжительности процесса ледяной чистки можно констатировать, что она определяется в зависимости от протяженности и диаметров сети и составляет от нескольких часов до суток. На сегодняшний день практикой освоено проведение ледяной очистки на диаметрах до 600 мм включительно. Максимальная протяженность подвергаемого чистке трубопровода за один прогон составила 4500 м (в Уэльсе, Великобритания).

Во время технологического процесса ряд его параметров контролируется операторами. В пилотных проектах, в частности, производился количественный и качественный анализ отложений, сорбированных льдом, температуры и времени проведения процесса. Степень загрязнения трубопровода оценивалась объемом удаленного осадка на 1 км трубопровода. Согласно статистическим данным, в среднем из старых металлических водопроводных трубопроводов в результате очистки удаляется 10...12 кг осадка на 1 км длины. Расчеты показали экономическую выгоду от применения технологии ледяной чистки.

Необходимо отметить, что метод ледяной чистки применим также и при чистке водоотводящих трубопроводов, в которых скапливается значительное количество выпадающих в осадок и твердеющих загрязнений (песок, жир). Это оказывает негативное влияние на пропускную способность водоотводящих сетей [8].

Применение метода ледяной чистки канализационных коллекторов не столь обширно, как в трубопроводах питьевой воды, однако, как отмечает мировая практика, процесс очистки водоотводящих коллекторов позволяет добиться увеличения перекачиваемого расхода после использования метода ледяной чистки на 30 %. Ледяная чистка может быть эффективным способом подготовки трубопровода перед проведением местного ремонта водоотводящих сетей бестраншейными методами [9, 10].

Выводы. 1. Очистка трубопроводов с использованием льда может быть отнесена к методам бестраншейных технологий, являясь весомой альтернативой традиционным методам прочистки труб. Метод может быть применен к городским трубопроводным системам питьевого водопровода в диапазоне диаметров 100...600 мм, а также к водоотводящим коллекторам. На сегодняшний день в мире методом ледяной чистки подвергнуто 450 км трубопроводных сетей.

2. Метод ледяной очистки является простым, оперативным, эффективным, экономически выгодным и экологически безопасным по сравнению с другими методами, позволяя за счет нанесения на внутреннюю поверхность труб ледяной корки удалять наросты биопленки и другие загрязнения и сохранять гидравлические показатели работы трубопроводов.

Библиографический список

1. Храменков С.В. Стратегия модернизации водопроводной сети. М. : Стройиздат, 2005. 398 с.
2. Kuliczkowski A., Kuliczowska E., Zwierzchowska A. Technologie beswykopowe w inzynierii srodowiska // Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. Kielce. 2010, 735 p.
3. Pinguet J.-F., Meynardie G. Reseaux d'assainissement: du diagnostic a la rehabilitation // Eau, industry, nuisances. 2006, no. 295, pp. 39—43.
4. Zwierzchowska A. Technologie bezwykopowej budowy sieci gazowych, wodociagowych i kanalizacyjnych // Politechnika swietokrzyska. Kielce. 2006, 180 p.
5. Rameil M. Handbook of pipe bursting practice // Vulkan verlag. Essen, 2007, 351 p.
6. Орлов В.А., Мешкова Н.И. Ультразвуковая система Piglet. Внутренний осмотр и прочистка трубопроводов // Технологии Мира. 2012. № 5. С. 43—44.
7. Stephenson M. Ice pigging — a NO-DIG technique for cleaning pressurized pipes // NO-DIG 2013, Sydney (Australia). Режим доступа: www.nodigdownunder.com. Дата обращения: 19.11.2013.
8. Храменков С.В., Орлов В.А., Харьков В.А. Оптимизация восстановления водоотводящих сетей. М. : Стройиздат, 2002. С. 160.

9. *Santiago A., Durango M.* Most advanced technology for pipeline inspection in the world: see, measure and navigate in 3D through pipes and manholes // NO-DIG 2012, Sao Paulo (Brasil). Режим доступа: www.nodigsaupaulo2012.com. Дата обращения: 22.02.2013.

10. *Орлов В.А., Орлов Е.В., Зверев П.В.* Технологии местного бестраншейного ремонта водоотводящих трубопроводов // Вестник МГСУ. 2013. № 7. С. 86—95.

Поступила в редакцию в ноябре 2013 г.

Об авторах: **Орлов Владимир Александрович** — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водоснабжения, **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, 8(499)183-36-29, orlov950@yandex.ru;

Нечитаева Валентина Анатольевна — доцент кафедры водоснабжения, **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, 8(499)183-36-29, van968@mail.ru;

Богомолова Ирина Олеговна — ассистент кафедры водоснабжения, **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, 8(499)183-36-29, bogomolova83@mail.ru;

Шайхетдинова Юлия Александровна — студент Института инженерно-экологического строительства и механизации, **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, 8(499)183-36-29, enigmaticgirl90@mail.ru;

Даминова Юлия Фариховна — студент Института инженерно-экологического строительства и механизации, **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, 8(499)183-36-29, daminova10@yandex.ru.

Для цитирования: Эффективные методы прочистки трубопроводов / В.А. Орлов, В.А. Нечитаева, И.О. Богомолова, Ю.А. Шайхетдинова, Ю.Ф. Даминова // Вестник МГСУ. 2014. № 1. С. 133—138.

V.A. Orlov, V.A. Nechitaeva, I.O. Bogomolova, Yu.A. Shaykhetdinova, Yu.F. Daminova

EFFICIENT METHODS OF PIPING CLEANING

The article contains the analysis of the efficient methods of piping cleaning of water supply and sanitation systems. Special attention is paid to the ice cleaning method, in course of which biological foil and various mineral and organic deposits are removed due to the ice crust buildup on the inner surface of water supply and drainage pipes. These impurities are responsible for the deterioration of the organoleptic properties of the transported drinking water or narrowing cross-section of drainage pipes. The co-authors emphasize that the use of ice compared to other methods of pipe cleaning has a number of advantages due to the relative simplicity and cheapness of the process, economical efficiency and lack of environmental risk. The equipment for performing ice cleaning is presented, its technological options, terms of cleansing operations, as well as the volumes of disposed pollution per unit length of the water supply and drainage pipelines. It is noted that ice cleaning requires careful planning in the process of cooking ice and in the process of its supply in the pipe. There are specific requirements to its quality. In particular, when you clean drinking water system the ice applied should be hygienically clean and meet sanitary requirements.

In pilot projects, in particular, quantitative and qualitative analysis of sediments adsorbed by ice is conducted, as well as temperature and the duration of the process. The degree of pollution of the pipeline was estimated by the volume of the remote sediment on 1 km of pipeline.

Cleaning pipelines using ice can be considered one of the methods of trenchless technologies, being a significant alternative to traditional methods of cleaning the pipes. The method can be applied in urban pipeline systems of drinking water supply for the diameters of 100—600 mm, and also to diversion collectors. In the world today 450 km of pipelines are subject to ice cleaning method.

Ice cleaning method is simple, quick, effective, economical and environmentally safe compared to other methods, allowing to remove the growths of biofilms and other pollution and maintain the hydraulic performance of pipeline operation at the expense of drawing on the internal surface of pipes of ice crust.

Key words: pipelines, cleaning methods, impurities, trenchless technology, purification of drinking water, ice cleaning.

References

1. Khramenkov S.V. *Strategiya modernizatsii vodoprovodnoy seti* [The Modernization Strategy of Water Supply Systems]. Moscow, Stroyizdat Publ., 2005, 398 p.
2. Kuliczkowski A., Kuliczowska E., Zwierzchowska A. *Technologie beswykopowe w inzynierii srodowiska*. Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. Kielce, 2010, 735 p.
3. Pinguet J.-F., Meynardie G. *Reseaux d'assainissement: du diagnostic a la rehabilitation*. Eau, Industry, Nuisances. 2006, no. 295, pp. 39—43.
4. Zwierzchowska A. *Technologie bezwykopowej budowy sieci gazowych, wodociagowych i kanalizacyjnych*. Politechnika swietokrzyska. Kielce, 2006, 180 p.
5. Rameil M. *Handbook of Pipe Bursting Practice*. Vulkan verlag. Essen, 2007, 351 p.
6. Orlov V.A., Meshkova N.I. *Ul'trazvukovaya sistema Piglet. Vnutrenniy osmotr i prochistka truboprovodov* [Ultrasound System Piglet. Internal Inspection and Cleaning of Pipelines]. *Tekhnologii Mira* [Technologies of the World]. 2012, no. 5, pp. 43—44.
7. Stephenson M. *Ice Pigging — a NO-DIG Technique for Cleaning Pressurized Pipes*. NO-DIG 2013, Sydney (Australia). Available at: www.nodigdownunder.com. Date of access: 19.11.2013.
8. Khramenkov S.V., Orlov V.A., Khar'kin V.A. *Optimizatsiya vosstanovleniya vodootvodyashchikh setey* [Restoration Optimization of Gravity Systems]. Moscow, Stroyizdat Publ., 2002, pp. 160.
9. Santiago A., Durango M. *Most Advanced Technology for Pipeline Inspection in the World: See, Measure and Navigate in 3D through Pipes and Manholes*. NO-DIG 2012, Sao Paulo (Brasil). Available at: www.nodigsaupaulo2012.com. Date of access: 22.02.2013.
10. Orlov V.A., Orlov E.V., Zverev P.V. *Tekhnologii mestnogo bestransheynogo re-monta vodootvodyashchikh truboprovodov* [Technologies for Sectional Trenchless Repair of Water Discharge Pipelines]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2013, no. 7, pp. 86—95.

About the authors: **Orlov Vladimir Aleksandrovich** — Doctor of Technical Sciences, Professor, Chair, Department of Water Supply, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; orlov950@yandex.ru;

Nechitaeva Valentina Anatol'evna — Associate Professor, Department of Water Supply, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; +7 (499) 183-36-29; van968@mail.ru;

Bogomolova Irina Olegovna — Assistant, Department of Water Supply, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; +7 (499) 183-36-29; bogomolova83@mail.ru;

Shaykhetdinova Yuliya Aleksandrovna — student, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; +7 (499) 183-36-29; enigmaticgirl90@mail.ru;

Daminova Yuliya Farikhovna — student, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; +7 (499) 183-36-29; daminova10@yandex.ru.

For citation: Orlov V.A., Nechitaeva V.A., Bogomolova I.O., Shaykhetdinova Yu.A., Daminova Yu.F. *Effektivnye metody prochistki truboprovodov* [Efficient Methods of Piping Cleaning]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2014, no. 1, pp. 133—138.