



Реконструкция стальных водопроводных трубопроводов рукавами- шлангами

Объём жилищного и промышленного строительства в России неуклонно растёт. Это обуславливает положительную динамику роста протяжённости возводимых на территории страны водопроводных сетей. Однако пропорционально показателю протяжённости возводимых сетей также растёт показатель протяжённости трубопроводов, нуждающихся в ремонте, полной или частичной замене [1]. В этих целях успешно применяют бестраншейные технологии реновации, позволяющие успешно минимизировать возникающие риски от ущербов (экологические, социальные и материальные), повышая при этом надёжность работы трубопроводов и содействующие регулированию ценового вопроса, возникающего в ходе их использования [2].

Поскольку большинство водопроводных сетей, как в РФ, так и за рубежом, выполнено из стали, то вопрос их реновации наиболее актуален. Стальные трубы не имеют должной защиты от внешней и внутренней коррозии и начинают подвергаться различного рода дефектам через пять-шесть лет, создавая аварийные ситуации на сетях. Потери воды от повреждений на трубопроводах в виде трещин, разрывов и разгерметизации стыков составляют от 8 до 40 % от объёма воды, поданной в сеть [3].

В российских регионах сектор водоснабжения и водоотведения переживает депрессивный период уже несколько лет. Даже в крупных городах, где был быстрый экономический рост в начале XX века и многократное увеличение инвестиций в строительство, не наблюдалось подобного роста инвестиций в коммунальную инфраструктуру. Этот разрыв продолжается до настоящего времени и не позволил установить устойчивый процесс воспроизводства активов в сфере водоснабжения и водоотведения. Доля требующих замены инженерных сетей неуклонно росла с 2017 года, составляя 46 % в системах водоснабжения и 45 % в системах водоотведения. В 2023 году оба показателя превысили 50 % [4, 5].

В Российской Федерации основным документом, регламентирующим вопросы водоснабжения и водоотведения, является Федеральный закон от 7 декабря 2011 года №416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении», где в качестве одной из базовых задач рассматриваются вопросы строительства, модернизации и реконструкции трубопроводного транспорта.

Одним из положений №416-ФЗ (п. 4.5) является разработка «Предложений по строительству, реконструкции и модернизации линейных объектов централизованных систем водоснабжения». Здесь

Рецензия эксперта на статью получена
04.09.2023 [The expert review of the article
was received on September 4, 2023]

УДК 628.462+625.768. Научная специальность: 2.1.4 (05.23.04).

Реконструкция стальных водопроводных трубопроводов рукавами-шлангами с оценкой потребления электроэнергии при транспортировке воды с учётом температурного фактора

В. А. Орлов, д.т.н., профессор; **С. П. Зоткин**, к.т.н., профессор; **Д. В. Подолян**, аспирант кафедры водоснабжения и водоотведения, Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)

Рассматриваются вопросы проектирования ремонтных работ по реконструкции напорных стальных трубопроводов с применением рукавов-шлангов Primus Line. Представлены сведения по нормативной и технической документации по их применению, условиям монтажа и эксплуатации, а также сравнительной оценки энергопотребления после реконструкции ветхих участков трубопроводов рукавами-шлангами и возможности минимизации энергозатрат при изменении температурных условий при транспортировке воды.

Ключевые слова: трубопроводы, реконструкция, полимерный рукав, энергосбережение.

UDC 628.462+625.768. The number of scientific specialty: 2.1.4 (05.23.04).

Construction and reconstruction of pipelines in permafrost conditions

V. A. Orlov, Doctor of Technical Sciences, Professor; **S. P. Zotkin**, PhD, Professor; **D. V. Podolyan**, postgraduate student, the Department of Water Supply and Sanitation, Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU)

The issues of designing repair works for the reconstruction of pressure steel pipelines with the use of Primus Line hose hoses are considered. Information on regulatory and technical documentation on their application, installation and operation conditions, as well as a comparative assessment of energy consumption after reconstruction of dilapidated sections of pipelines with hose hoses and the possibility of minimizing energy consumption when temperature conditions change during water transportation are presented.

Key words: pipelines, reconstruction, polymer sleeve, energy saving.

отмечается необходимость включения в проекты сведений о реконструируемых участках сетей, подлежащих замене в связи с истощением эксплуатационного ресурса, а также необходимость решения задач замены всех стальных трубопроводов без наружной и внутренней изоляции на трубопроводы из некоррозирующих материалов, либо их санации в случаях, где такая замена возможна в соответствии с действующими строительными нормами и правилами.

Однако при решении задач, связанных с оперативным строительством, ремонтом, восстановлением и модернизацией водопроводных и водоотводящих сетей в городах сталкиваются с рядом побочных причин: высокой плотностью застройки подземных и наземных объектов, наличием параллельных и пересекающихся на разных уровнях инженерных коммуникаций, насыщенностью окружающих грунтов подземными водами и т.д., что требует применения новых более эффективных методов реконструкции [6].

Таким образом, возникает острая необходимость не только в своевременном и оперативном ремонте изношенных трубопроводов имеющимися на территории РФ методами, но и в комплексной модернизации нормативно-правовой документации, регулирующей сферу водоснабжения и водоотведения.

Материалы и методы исследований

В качестве материала исследований представлена одна из многочисленных технологий реновации ветхих трубопроводов с помощью многослойных полимерных рукавов. Сущностью данного метода, позволяющего решать отмеченные выше задачи по оперативности реновации и по-

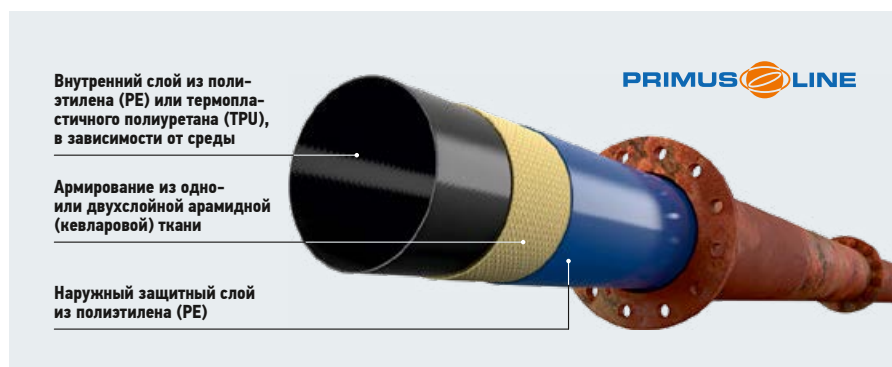


Рис. 1. Строение рукава-шланга Primus Line

ложительно зарекомендовавшего себя за рубежом, является протаскивание в старый трубопровод полимерного рукава-шланга Primus Line, разработанного фирмой Werner Rädlinger Gruppe [7, 8].

Методом исследований является автоматизированный расчёт потребления электроэнергии при транспортировке воды с разными температурными условиями окружающей среды.



Высоконапорные полимерные рукава Primus Line обладают следующими преимуществами, выявленными эмпирическим и теоретическим путём в ходе многократных проверок эффективности санации трубопровода: высокой стойкостью к абразивному износу; водонепроницаемостью слоёв полимерного рукава; соответствием нормам экологической безопасности для применения в пищевой промышленности (транспортировка различных сред); пригодностью для санации трубопроводов водоснабжения, канализации, жидких и вязких продуктов питания, транспортировки газа и нефтепродуктов; высокой устойчивостью к температурным нагрузкам в диапазоне от -50 до $+80^{\circ}\text{C}$.

Полимерные рукава Primus Line обладают многими преимуществами, в том числе высокой стойкостью к абразивному износу, водонепроницаемостью, соответствием нормам экологической безопасности для применения в пищевой промышленности и т.д.

По причине своей многослойной структуры и незначительной толщины стенок рукав-шланг Primus Line обладает гибкостью и в то же время крайне высокой прочностью, что обеспечивает его самонесущую способность (рис. 1).

Выбор арамидной ткани во многом обусловлен следующими их положительными свойствами: относительно малым весом (гораздо легче стекловолоконных материалов); способностью сохранять защитные качества при значительных температурах, а при температурах меньше 0°C усиливать свои защитные способности; неспособностью к возгоранию и плавлению; устойчивостью к механическому воздействию; инертностью к действию микробов и способностью сохранять форму в период эксплуатации.



Бестраншейная замена труб с использованием рукавов-шлангов Primus Line в городе Пеория (штат Аризона, США) в марте 2018 года. Работы велись компанией Achen-Gardner Construction

Primus Line изготавливается в номинальных размерах диаметра от 150 до 500 мм. Втягивание рукава в старые трубы происходит через небольшие котлованы, благодаря чему отпадает необходимость вскрытия дорог. Primus Line не склеивается со старой трубой и является самонесущим в кольцевом пространстве. Рукав-шланг Primus Line отличается короткими сроками санации и быстрым введением восстанавливаемого трубопровода в строй и тем самым представляет собой не только недорогую альтернативу открытому способу санации, но и оценивается как высококачественный метод обновления напорных трубопроводов.

Для принятия решения по применению системы Primus Line изучается текущее состояние подлежащего санации трубопровода, а также учитываются физические условия эксплуатации применяемого при реновации рукава-шланга, что позволяет достичь максимального эффекта от применения данного метода.

Физические условия эксплуатации Primus Line представлены в табл. 1.

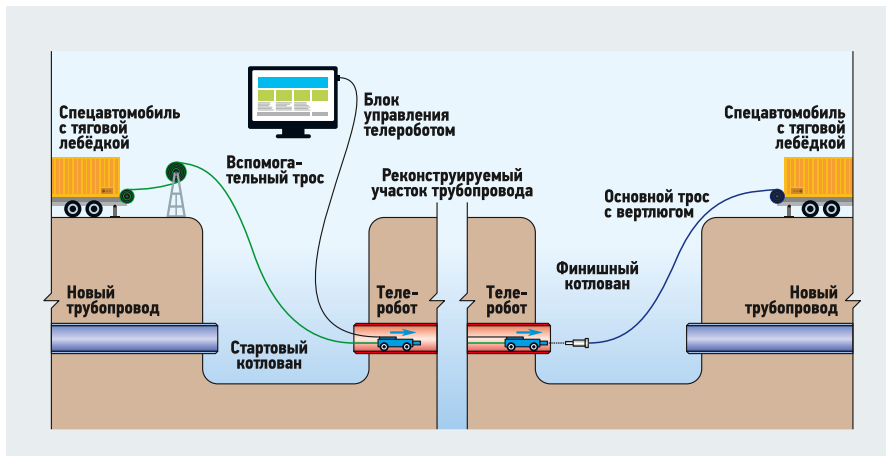
... Физические условия эксплуатации рукава-шланга Primus Line

табл. 1

Параметр или условие	Значение
Температура окр. среды	От -10 до +40 °С
Загрязнения старых труб	Отсутствие сильного загрязнения пылью, кислотами и коррозионными газами после очистки. Внутренний диаметр трубы обрабатывать до тех пор, пока он не будет очищен от загрязнений и отложений. Острые поверхности и кромки в старой трубе могут повредить Primus Line; выступавшие внутрь диаметра трубы препятствия требуются удалить перед втягиванием гибкого рукава-шланга
Особые требования	Отсутствие прямого солнечного излучения. Максимальный изгиб Primus Line при втягивании не должен превышать 45°; изгибы, которые необходимо пройти, должны иметь радиус минимум 3D (D — диаметр трубы, подлежащей санации). Прессовочная смола, используемая при монтаже соединителей среднего давления (СД) и высокого давления (ВД), должна храниться на месте установки в помещении с равномерной температурой (температура в помещении от +10 до +20 °С) и при этой же температуре заливаться в пресс-цилиндр. При окружающей температуре на месте установки ниже +10 °С можно монтировать только предварительно сложенный на заводе рукав-шланг Primus Line

Монтаж рукавов Primus Line подразумевает использование современного и высокотехнологичного оборудования, основными из которого являются: тяговая лебёдка для очистки труб и монтажа рукава с применением вертлюга; транспортный барабан (бобина); машина для складывания Primus Line; пресс-цилиндр и гидравлический насос; соединители Primus Line; насадка для цилиндра, монтажная тарелка и гидравлический пресс.

Предварительные работы при монтаже рукавов Primus Line заключаются в проведении операций по разъединению ветхого трубопровода, обустройству котлованов (или смотровых колодцев) для монтажа рукава-шланга, которые должны иметь длину не менее 4,0 м, глубину не менее 0,4 м ниже трубы, подлежащей санации, и ширину не менее 0,6 м в обе



... Рис. 2. Обследование трубы телевизионным роботом

стороны от трубы. В стартовом и финишном котлованах в непосредственном продолжении трубы, подлежащей санации, должно создаваться свободное рабочее пространство не менее 1,5 м. В промежуточных котлованах между концами трубы, подлежащей санации, следует создать свободное рабочее пространство не менее 2,8 м. При этом, при отсутствии возможности подготовки котлованов, допускается монтаж через колодцы и камеры на усмотрение подрядной организации.

Важнейшим предварительным этапом является обследование трубы с помощью телевизионного робота (рис. 2). Как правило, вместе с камерой, используемой при телевизионной диагностике и установленной на роботе, в подлежащий санации участок трубопровода втягивается вспомогательный трос (например, из полимерного материала).

При обнаружении телероботом препятствий, выступающих внутри подлежащей санации трубы, они должны быть задокументированы по их виду и местоположению, а затем удалены при помощи средств прочистки.

По достижению телевизионного робота с закреплённым на нём вспомогательным тросом финишного котлована к последнему присоединяют основной трос с заранее установленным на нём вертлюгом (во избежание прокручивания троса во время последующих работ). Тяговая лебёдка, расположенная у стартового котлована, посредством вспомогательного троса втягивает основной трос к началу реконструируемого участка для проведения дальнейших работ.

Очистка внутренней поверхности старой трубы для удаления отложений может выполняться, например, скребками из пружинной стали и резиновыми шайбами. Заключение о результате процесса очистки заключается в проведении следующих мероприятий (рис. 3): установки защитных роликов для троса на конце подлежащей санации трубы, а также инструмента для очистки трубы вместе с вертлюгом в направлении протягивания; соединения троса второй лебёдки с инструментом для очистки трубы к другому концу участка санации; развёртывания инструмента для очистки и протяжки его снова с помощью тягового троса обратно к началу участка санации.

Очистка подлежащих реновации старых труб должна привести к следующему результату: образованию свободного внутреннего диаметра трубопровода.



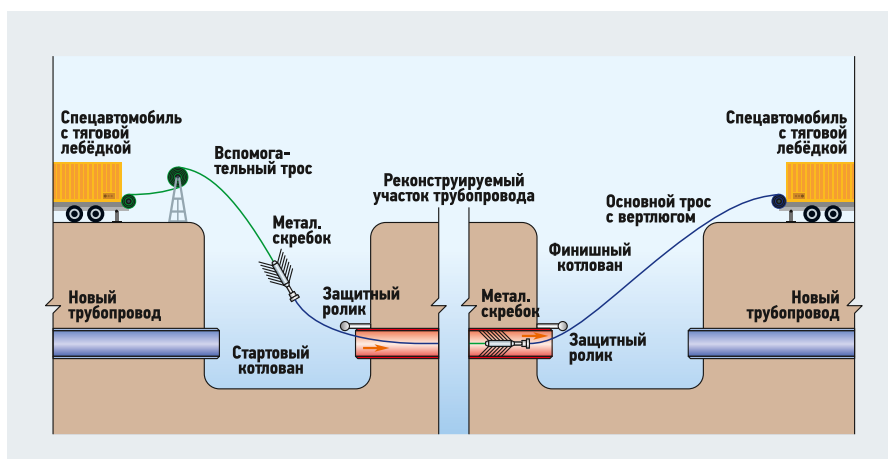


Рис. 3. Процесс очистки реконструируемого трубопровода

Подача рукава-шланга Primus Line к рабочей площадке осуществляется с бобины (барабана), где он находится в деформированном виде (сложенный пополам). Для протягивания в восстанавливаемый трубопровод рукав-шланг подвергается дополнительной деформации в U-образную форму с помощью машины для складывания рукава (рис. 4). После деформации рукав-шланг фиксируется с помощью специальной полимерной клейкой ленты с интервалом максимум 20 см в целях предотвращения случайного распрямления перед saniруемым трубопроводом. Primus Line также может предварительно складываться на заводе и наматываться на барабан. В этом случае он обматывается клейкой лентой непрерывно.

Рукав-шланг Primus Line должен втягиваться в трубу, подлежащую санации, таким образом, чтобы избежать его повреждения и до минимума уменьшить силу трения при втягивании (рис. 5). На трубе в стартовом котловане следует применять защитный ролик. Втягивание Primus Line может осуществляться с постоянной скоростью до 5 м/мин. Скорость разматывания с барабана должна согласовываться со скоростью втягивания тяговой лебедки, которая устанавливается так, чтобы исключить её смещение в период процесса реконструкции трубопровода.

После завершения процесса втягивания систему Primus Line следует проверить в конечном котловане на наличие повреждений поверхностной оболочки. Повреждения на поверхности рукава (задиры, продольные царапины, порезы и т.п.) глубиной до 50 % толщины наружной оболочки допускаются. После проверки сложенная труба Primus Line на обоих концах прочно и герметично (например, с помощью пневматических заглушек) запирается и в неё подается сжатый воздух. После создания небольшого внутреннего давления (около 0,1 МПа) рукав-шланг Primus Line приобретает круглую форму, а клейкая лента, ранее связывающая рукав, разрывается.

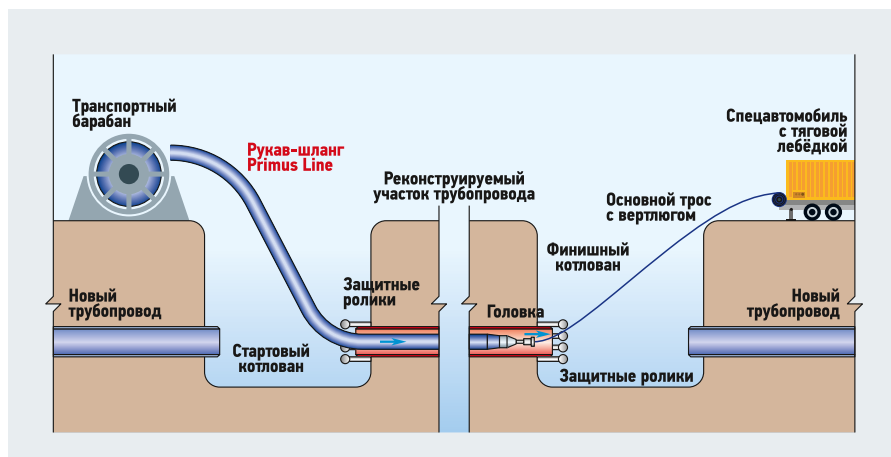


Рис. 5. Процесс втягивания рукава Primus Line, сложенного в U-образную форму

Результаты исследований

В задачи базовых исследований по применению рукава-шланга для санации трубопроводных сетей входили вопросы экономии электроэнергии при транспорти-

динамической и кинематической вязкости воды и числа Рейнольдса [9, 10]:

$$\Delta \Theta = \frac{0,81 Q^3 l \lambda 24 365}{d^5 \eta_p}, \quad (1)$$

где $\Delta \Theta$ — величина потреблённой электроэнергии, кВт·ч/год; Q — расход подаваемой трубопроводом воды, м³/с; l — длина участка трубопровода, м; η_p — коэффициент полезного действия насосной установки; 24 — количество часов работы насоса в сутки, ч; 365 — количество дней в году; λ — коэффициент гидравлического трения; d — внутренний диаметр трубопровода, м.

Данная формула заложена в алгоритм автоматизированной программы расчёта потребления электроэнергии при транспортировке воды по трубопроводам [11].

Результаты, полученные в ходе эксплуатации автоматизированного комплекса, послужили базовым материалом для анализа характера изменения величины энергопотребления на единицу длины трубопровода от температурных условий транспортируемой воды и окружающей среды. Они явились основой последующего анализа возможности управления процессом транспортировки воды посредством достижения минимальных затрат на электроэнергию с учётом температурного фактора.



Рис. 4. Общий вид транспортной бобины и машины для складывания рукава Primus Line



Подземная прокладка трубопровода

Для определения потребления электроэнергии на 1 п.м. трубопровода $\Delta E_{1м}$ через расчётный коэффициент гидравлического трения λ при подземной прокладке ветхого стального трубопровода приняты следующие исходные данные: примерное значение температуры транспортируемой воды из подземного источника 10°C и температуры трубы 10°C; расход воды 0,05 и 0,1 м³/с (соответствует скоростям течения воды соответственно 0,75 и 1,5 м/с); коэффициент полезного действия насосной установки 0,8 и 0,95.

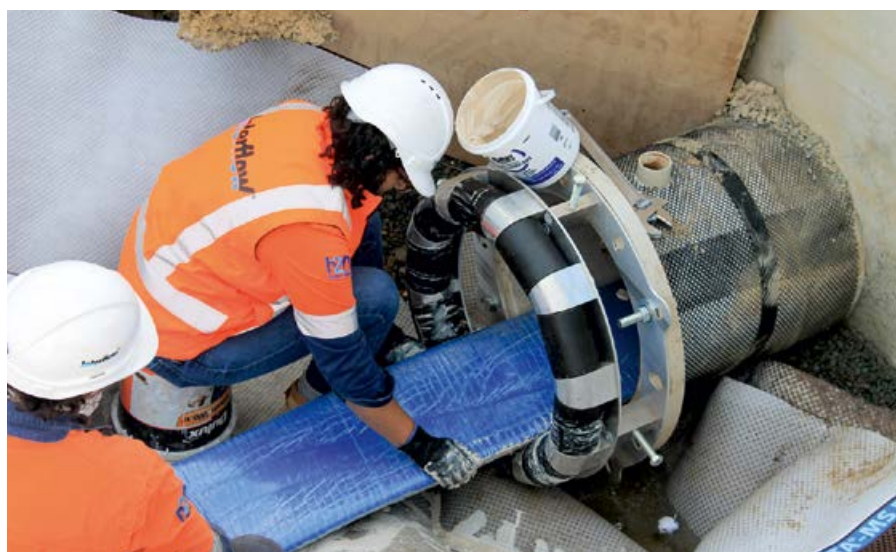
Основные результаты расчёта, выполненного с использованием указанной выше программы, после проведения реконструкции стального подземного тру-

❖ Сводная сравнительная ведомость потребления электроэнергии при использовании альтернативных вариантов толщин стенок Primus Line при подземной прокладке табл. 2

Материал трубопровода	Расход воды, (м³/с)/(КПД насоса)	Потребление электроэнергии, кВт-ч/год
Рукав-шланг Primus Line с толщиной стенки 9,0 мм (диаметр трубы 0,297 мм)	0,05 / 0,8	7,772
	0,1 / 0,8	54,335
Рукав-шланг Primus Line с толщиной стенки 6,5 мм (диаметр трубы 0,302 мм)	0,05 / 0,8	6,041
	0,1 / 0,8	42,224

❖ Сводная сравнительная ведомость потребления электроэнергии при использовании альтернативных вариантов толщин стенок Primus Line при наземной прокладке табл. 3

Материал трубопровода	Расход воды, (м³/с)/(КПД насоса)	Потребление электроэнергии, кВт-ч/год
Рукав-шланг Primus Line с толщиной стенки 9,0 мм (диаметр трубы 0,297 мм)	0,05 / 0,8	5,936
	0,1 / 0,8	41,755
Рукав-шланг Primus Line с толщиной стенки 6,5 мм (диаметр трубы 0,302 мм)	0,05 / 0,8	5,478
	0,1 / 0,8	38,527



бопровода внутренним диаметром 315 мм рукавом-шлангом Primus Line при толщинах его стенки 9,0 мм (внутренний диаметр 297 мм) и 6,5 мм (внутренний диаметр 297 мм) приведены в табл. 2.

Наземная прокладка трубопровода

Для определения потребления электроэнергии при наземной прокладке приняты следующие исходные данные: примерное значение температуры транспортируемой воды из подземного источника 10°C и температуры трубы 30°C (южный регион); расход воды 0,05 и 0,1 м³/с (скорости течения воды 0,75 и 1,5 м/с, соответственно); КПД насосной установки 0,8 и 0,95. Аналогичные приведённым выше автоматизированным расчётам при реконструкции стального трубопровода рукавом-шлангом Primus Line при наземной прокладке представлены в табл. 3.

Анализируя данные табл. 2 и 3, необходимо отметить, что при наземной прокладке в условиях высоких температур окружающей среды по сравнению с под-

земной прокладкой возможно экономить потребление энергии при транспортировке воды по восстановленным трубопроводным сетям: при КПД насосов 0,8 экономия может составить до 23,1 %, а при КПД, равном 0,95, — до 8,7 %.

Таким образом, изменение температурных условий оказывает влияние на потребление электроэнергии за счёт изменения вязкости воды и коэффициента гидравлического трения трубопровода. Данные показатели могут являться рабочими материалами для менеджеров водоканалов при планировании мероприятий по снижению энергопотребления.

Выводы

1. Описана сущность, технический потенциал и условия монтажа передовой технологии бестраншейной реконструкции ветхих трубопроводов Primus Line.
2. С использованием информационно-поисковой автоматизированной системы проведён анализ применения модификаций рукавов-шлангов Primus Line для ре-

новации ветхого стального трубопровода для двух случаев прокладки (подземной и наземной), который показал, что наряду с ресурсосбережением возможно снизить потребление электроэнергии при транспортировке воды по трубам, учитывая температурные параметры источника водоснабжения и окружающей среды.

3. Для рассматриваемой частной задачи реконструкции старого трубопровода при использовании современных насосов с высоким коэффициентом полезного действия экономия энергозатрат может составить до 8,7 %, а в случае применения насосов с низким КПД до 23,1 %.

1. Сколупович Ю.Л., Примин О.Г., Гогина Е.С. Проблемы инженерных систем водопользования и научные исследования по их решению // Водоснабжение и санитарная техника, 2023. №1. С. 6–10.
2. Орлов В.А. Трубопроводы систем транспорта жидкостей. — М.: Изд-во АСВ, 2022. 237 с.
3. Храменков С.В. Стратегия модернизации водопроводной сети. — М: Стройиздат, 2005. 398 с.
4. Примин О.Г. Утечки воды. — М.: Изд-во НИУ МГСУ, 2022. 167 с.
5. Гальперин Е.М., Егорова Ю.А., Васильковский А.В., Каневский Е.В. Пути совершенствования управления городской системой подачи и распределения воды // Водоснабжение и санитарная техника, 2016. №10. С. 23–27.
6. Козлов М.Н., Меньщикова О.А., Гаврилов Д.А. [и др.] Опыт АО «Мосводоканал» по внедрению новой техники и технологий // Вода Magazine, 2016. №10. С. 14–19.
7. New life for pressure pipelines [Электр. текст]. Rädlinger primus line GmbH. 2022. Режим доступа: primusline.com. Дата обрац.: 02.08.2023.
8. Shah G., Pitroda J., Bhavsar J.J. Trenchless technology: A new era towards underground utility construction. Engineering: Issues, Opportunities and Challenges for Development: International Conference. S.N. Patel Institute of Technology & Research Centre. Umrakh, Bardoli Taluka, Gujarat, India. April 2015. Pp. 1–8.
9. Альтшуль А.Д. Гидравлические сопротивления. — М: Недра, 1970. 216 с.
10. Орлов В.А. Бестраншейные технологии и энергосбережение. — М: Изд-во АСВ, 2021. 123 с.
11. Св-во о гос. рег. программы для ЭВМ №2021613107. Расчёт потребления электроэнергии при транспортировке воды по напорным трубопроводам / В.А. Орлов, С.П. Зоткин, М.А. Иншакова. Заявка №2021610979; заявл.: 26.01.2021. Запат.: 02.03.2021.

References — see page 78.

Construction and reconstruction of pipelines in permafrost conditions.
Pp. 20–24.

Vladimir A. Orlov, Doctor of Technical Sciences, Professor; **Sergey P. Zotkin**, PhD, Professor; **Dmitry V. Podolyan**, postgraduate student, the Department of Water Supply and Sanitation, Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU)

1. Ju.L. Skolubovich, O.G. Primin, E.S. Gogina. *Problemy inzhenernykh sistem vodopol'zovaniya i nauchnye issledovaniya po ikh resheniju* [Problems of engineering systems of water use and scientific research to solve them]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* ["Water Supply and Sanitary Technology" Magazine]. 2023. No. 1. Pp. 6–10. [In Russian]
2. V.A. Orlov. *Truboprovody sistem transporta zhidkostej* [Pipelines of liquid transport systems]. Moscow. *Izd-vo ASV* [Publishing House of the Association of Construction Universities ("ASV" Publishers)]. 2022. 237 p. [In Russian]
3. S.V. Hramenkov. *Strategiya modernizatsii vodoprovodnoj seti* [Strategy for modernizing the water supply network]. Moscow. *Stroizdat* [Publishing House of Literature on the Construction and Architecture ("Stroiizdat" Publishers)]. 2005. 398 p. [In Russian]
4. O.G. Primin. *Utechki vody* [Water leaks]. Moscow. *Izd-vo NIU MGSU* [Publishing House of the Moscow State University of Civil Engineering]. 2022. 167 p. [In Russian]
5. E.M. Gal'perin, Ju.A. Egorova, A.V. Vas'kovskij, E.V. Kanevskij. *Puti sovershenstvovaniya upravleniya gorodskoj sistemoj podachi i raspredeleniya vody* [Ways to improve the management of the urban water supply and distribution system]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* ["Water Supply and Sanitary Technology" Magazine]. 2016. No. 10. Pp. 23–27. [In Russian]
6. M.N. Kozlov, O.A. Men'shnikova, D.A. Gavrillov et al. *Opyt AO "Mosvodokanal" po vnedreniju novoj tekhniki i tekhnologij* [Experience of "Moscow Water Company" ("Mosvodokanal"), JSC, in introducing new equipment and technologies. *Voda Magazine* [Water Magazine]. 2016. No. 10. Pp. 14–19. [In Russian]
7. Rädlinger primus line GmbH. Web-source: primusline.com. Access date: August 2, 2023.
8. G. Shah, J. Pitroda, J.J. Bhavsar. Trenchless technology: A new era towards underground utility construction. Engineering: Issues, opportunities and Challenges for Development: International Conference. S.N. Patel Institute of Technology & Research Centre. Umrah, India. April 2015. Pp. 1–8.
9. A.D. Al'chul'. *Gidravlicheskie soprotivleniya* [Hydraulic resistance]. Moscow. *Nedra* ["The bowels of the Earth" Publishers]. 1970. 216 p. [In Russian]
10. V.A. Orlov. *Bestranshejnye tekhnologii i jenergosberezhenie* [Trenchless technologies and energy saving]. Moscow. *Izd-vo ASV* [Publishing House of the Association of Construction Universities ("ASV" Publishers)]. 2021. 123 p. [In Russian]
11. *Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registratsii programmy dlja JeVM №2021613107* [The certificate of state registration of the computer program No. 2021613107]. *Raschet potrebleniya jelektroenergii pri transportirovke vody po napornym truboprovodam* [Calculation of electricity consumption when transporting water through pressure pipelines]. V.A. Orlov, S.P. Zotkin, M.A. Inshakova. Appl. No. 2021610979; decl.: January 26, 2021. Reg.: Mart 2, 2021. [In Russian]