

doi: 10.51639/2713-0576_2026_6_3_135

Научная статья

УДК 622.691.4

ГРНТИ 67.53.27

ВАК 2.8.5

Особенности организации ремонта и реконструкции газопроводов в условиях плотной городской застройки

Софья Александровна Щербакова¹, Юлия Сергеевна Матвеева²
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия

¹ sofya.shcherbakova.0200@mail.ru, ² yuliya.matveeva@klgtu.ru

Аннотация

В статье рассмотрены современные методы и технологии ремонта и реконструкции подземных газопроводов в условиях плотной городской застройки. Проанализированы основные проблемы, возникающие при проведении работ в стесненных условиях города: ограниченность пространства, насыщенность подземных коммуникаций, необходимость сохранения дорожного покрытия.

Представлены характеристики и рекомендации по применению бестраншейных технологий — санации, горизонтального направленного бурения, микротоннелирования и реновации. Обоснована экономическая, технологическая и социальная эффективность внедрения данных методов.

Ключевые слова: газопровод, реконструкция, плотная городская застройка, бестраншейные технологии, горизонтальное направленное бурение, микротоннелирование, реновация.

Введение

Газораспределительные сети современных городов представляют собой сложную инженерную систему, значительная часть которой была построена в 1960–1980-х годах. Естественный износ трубопроводов, коррозия металла и увеличение потребления газа требуют своевременной реконструкции и замены изношенных участков [1]. Как отмечается в [2], грамотное проектирование газораспределительных систем на этапе реконструкции позволяет обеспечить надежность газоснабжения, а также и минимизировать вмешательство в городскую инфраструктуру.

Однако проведение ремонтных работ в условиях плотной городской застройки сопряжено с рядом серьезных трудностей. Традиционный открытый (траншейный) способ прокладки и замены газопроводов требует вскрытия дорожного покрытия, ограничения движения транспорта, переноса существующих коммуникаций и последующего восстановления благоустройства. В исторических районах городов, на оживленных магистралях и в местах с высоким залеганием грунтовых вод такие работы становятся практически невозможными или экономически нецелесообразными [1].

В связи с этим все большее распространение получают бестраншейные технологии, позволяющие проводить реконструкцию газопроводов с минимальным

вмешательством в городскую инфраструктуру. Цель данной работы — систематизировать современные методы бестраншейного ремонта газопроводов и обосновать их применение в условиях плотной городской застройки, а также дополнить анализ данными математического моделирования и экспериментальных исследований.

Проблемы традиционных методов реконструкции

Капитальный ремонт газопровода традиционным открытым способом предполагает выполнение следующих операций: вскрытие дорожного покрытия, разработка траншеи, демонтаж старого трубопровода, укладка нового, обратная засыпка и восстановление благоустройства [1].

В условиях современного города этот подход имеет существенные недостатки:

1. Нарушение транспортного сообщения — перекрытие полос движения, изменение маршрутов общественного транспорта, образование заторов.

2. Повреждение существующих коммуникаций — высокая вероятность пересечения с другими подземными сетями (водопровод, канализация, кабели связи и электропередачи).

3. Значительные сроки проведения работ — от нескольких месяцев до года на сложных участках.

4. Высокие затраты на восстановление — необходимость повторного асфальтирования и благоустройства.

5. Социальная напряженность — неудобства для жителей, шум, пыль, ограничение доступа к домам и магазинам.

Особенно остро эти проблемы проявляются в исторических центрах городов, где плотность застройки максимальна, а требования к сохранению архитектурного облика — наиболее жесткие [3].

Дополнительную сложность вносит необходимость моделирования гидравлических режимов работы газораспределительных сетей низкого давления на время проведения ремонтных работ. Математическое моделирование позволяет заранее оценить изменение параметров газоснабжения потребителей при отключении отдельных участков и выбрать оптимальную схему перепуска газа на период ремонта [4], что особенно актуально в плотной городской застройке.

Классификация и характеристика бестраншейных технологий

Бестраншейные технологии представляют собой комплекс методов восстановления, прокладки, замены и ремонта подземных трубопроводов с минимальным вскрытием земной поверхности [1]. Согласно [5], выбор конкретного метода должен учитывать не только технические параметры, но и доступное оборудование для проходки, протяжки и разрушения старых труб.

В зависимости от конкретных условий и поставленных задач применяются различные технологии, которые можно классифицировать следующим образом.

Санация (метод «феникс»)

Санация — это метод бестраншейного ремонта газопроводов (рисунок 1), заключающийся в армировании внутренней поверхности трубопровода специальным

полимерным рукавом («чулком»). Рукав изготавливается из полиэфирных и нейлоновых нитей, пропитанных полиэтиленом или эпоксидными смолами [6].

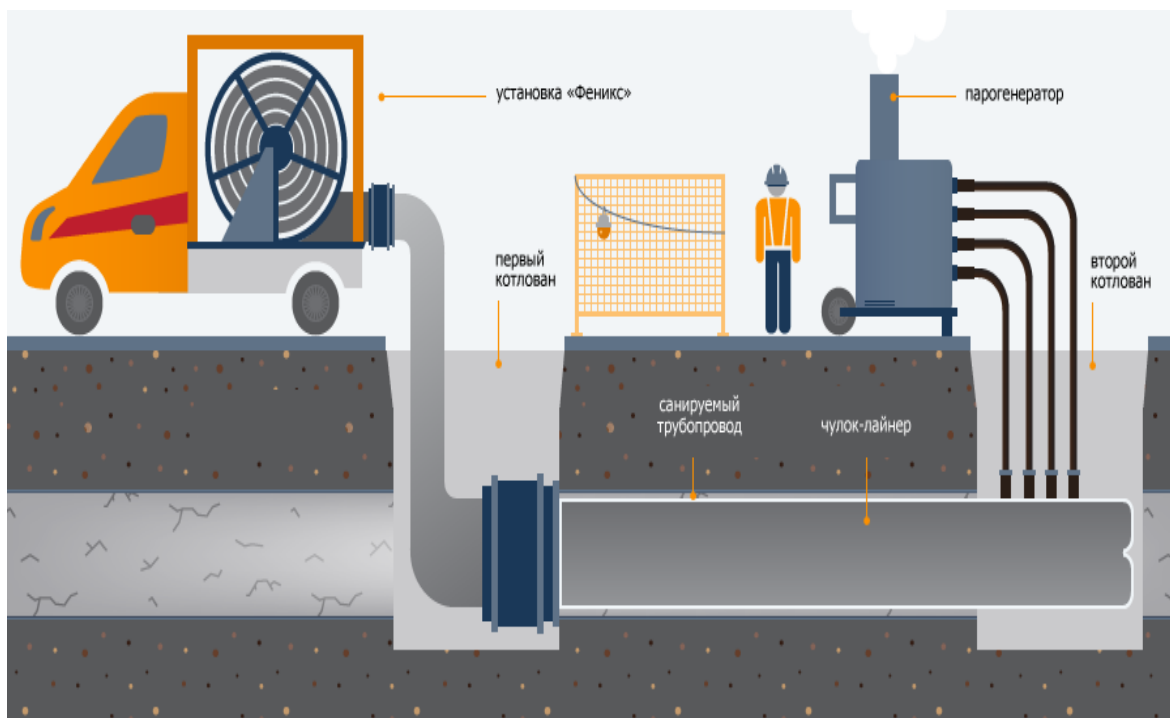


Рисунок 1 – Санация метод «Феникс» [6]

Технология выполняется следующим образом:

1. На границах ремонтируемого участка отрываются два котлована (стартовый и приемный).
2. В полость трубы вводится полимерный рукав.
3. Под воздействием повышенного давления и температуры (или УФ-излучения) рукав приклеивается к внутренней поверхности трубы, образуя прочное бесшовное покрытие [6].

Преимущества метода санации:

- Отсутствие необходимости демонтажа старой трубы — она используется как внешний корпус.
- Продление срока службы газопровода до 40 лет и более [6].
- Минимальное уменьшение поперечного сечения — благодаря высокой гладкости полимерного покрытия гидравлические потери не увеличиваются.
- Высокая коррозионная стойкость.
- Возможность проведения работ на участках любой протяженности.
- Отсутствие необходимости перекрытия движения транспорта [6].

Горизонтальное направленное бурение (ГНБ)

Горизонтальное направленное бурение (рисунок 2) применяется при прокладке новых газопроводов или замене изношенных участков под дорогами, водоемами, железнодорожными путями, в парках и скверах [7].

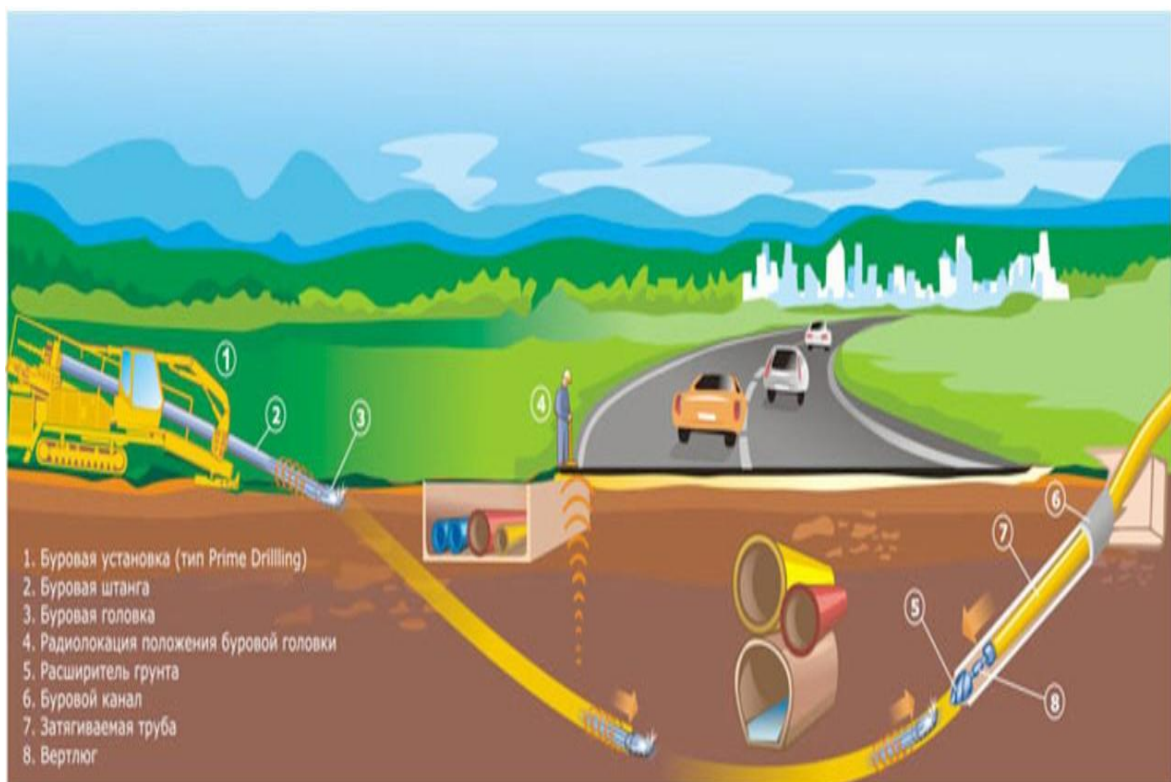


Рисунок 2 – Горизонтальное направленное бурение

Процесс ГНБ включает три основных этапа:

1. Пилотное бурение — буровая установка со специальным съемным наконечником и гибкой штангой пробуривает скважину по заданной траектории. В наконечник встроен навигационный аппарат, позволяющий контролировать и корректировать направление бурения [7, 8];

2. Расширение скважины — после выхода буровой головки в приемный котлован на ее место устанавливается расширитель, который увеличивает диаметр скважины до требуемого размера;

3. Протяжка трубопровода — в подготовленную скважину протягивается новая полиэтиленовая труба.

Технология ГНБ позволяет обходить подземные препятствия, сохранять дорожное покрытие и зеленые насаждения, а также минимизировать время производства работ [8]. Важно подчеркнуть, что при проектировании газораспределительных систем с использованием ГНБ необходимо учитывать радиусы изгиба полиэтиленовых труб, которые зависят от их диаметра и материала.

Микротоннелирование

Микротоннелирование применяется на особо сложных участках (рисунок 3): при пересечении рек (строительство газопроводов-дюкеров), под железнодорожными путями, в зонах с высокой плотностью существующих коммуникаций [9].

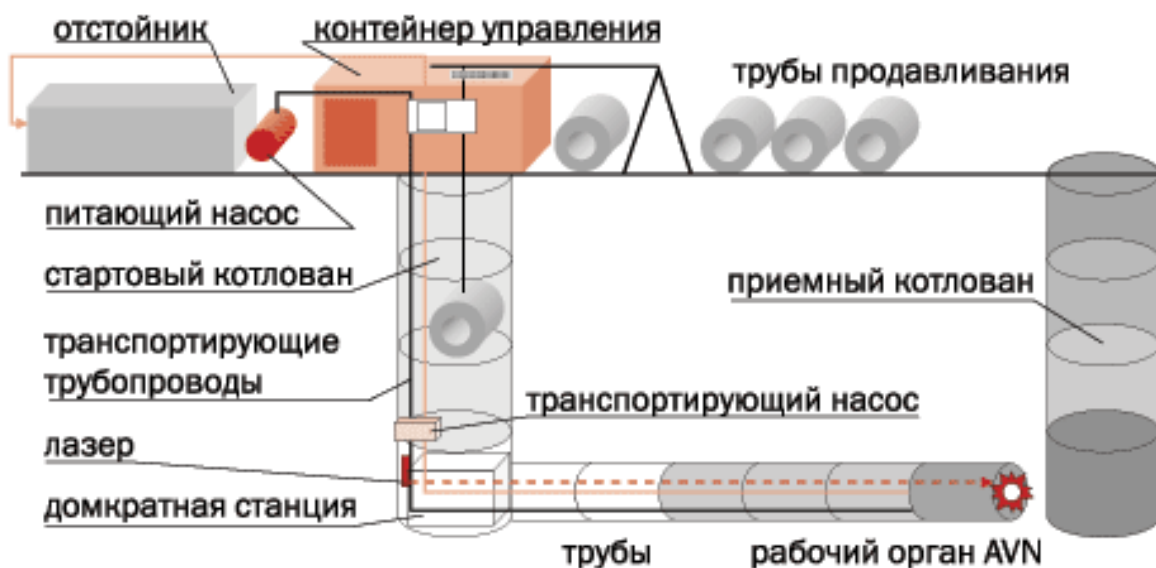


Рисунок 3 – Микротоннелирование

Особенности технологии:

- из поверхности грунта строятся вертикальные шахты (стартовая и приемная) глубиной до 8–12 метров;
- из стартовой шахты микротоннельный комплекс (микрощит) осуществляет проходку с избыточным давлением воды в забое;
- подача воды к режущему органу и отсос пульпы (смеси грунта, воды и бентонита) выполняются насосами;
- в стартовую шахту подаются звенья обсадных труб (железобетонных или стальных), которые вдавливаются в грунт домкратами [9];
- корректировка траектории осуществляется лазерной системой ведения; все технологические функции компьютеризированы.

Микротоннелирование обеспечивает высокую точность проходки (отклонения измеряются миллиметрами) и позволяет сооружать тоннели длиной более 1 км без дополнительных шахт [8, 9]. Этот метод незаменим при строительстве коллекторов для совместной прокладки газопроводов с другими инженерными сетями [7].

Реновация (замена трубы с разрушением)

Метод реновации, или «труба в трубу с разрушением» (рисунок 4), представляет собой замену старого газопровода новым полиэтиленовым трубопроводом большего или равного диаметра. Процесс заключается в следующем: специальный пневмопробойник или расширитель разрушает старую трубу, одновременно протаскивая на ее место новую полиэтиленовую плетель [1].

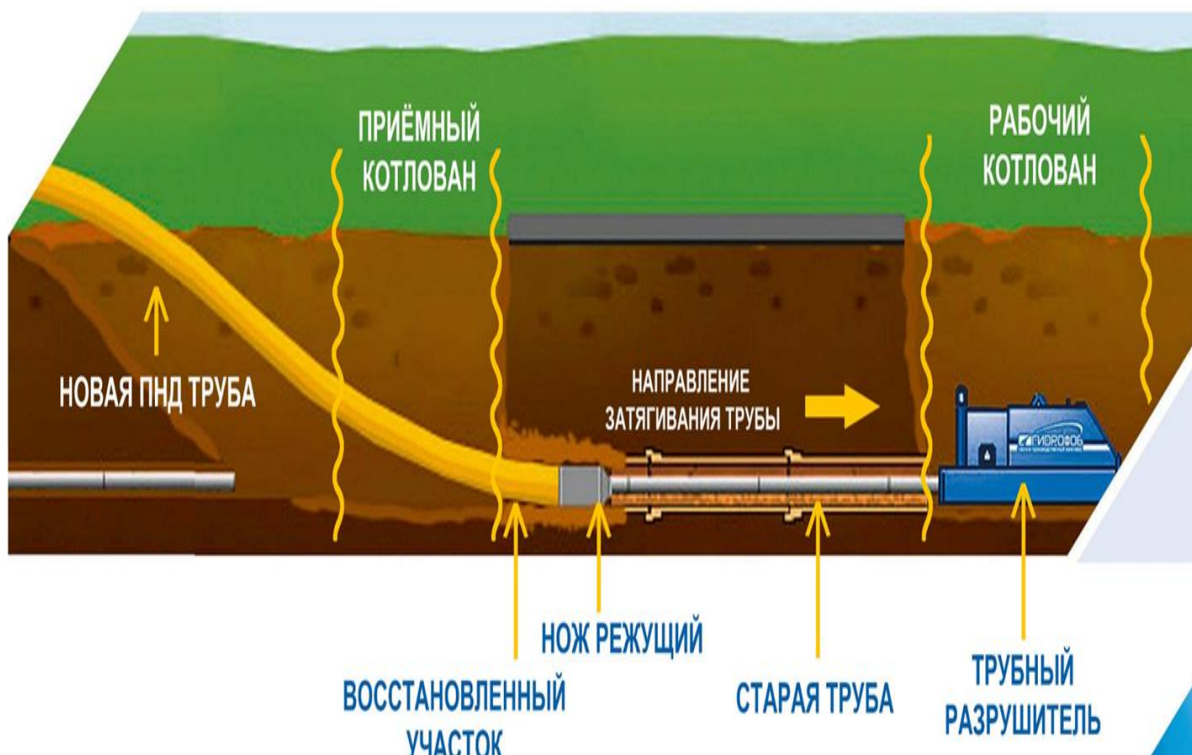


Рисунок 4 – Реновация

Преимущества метода:

- возможность увеличения диаметра газопровода на один типоразмер;
- протяжка плетей длиной более 100 м;
- использование трассы старого трубопровода, что исключает риск повреждения соседних коммуникаций;
- минимальный объем земляных работ (требуется только стартовый и приемный котлованы).

Сравнительный анализ и рекомендации по выбору метода

Выбор конкретного метода бестраншейной реконструкции зависит от ряда факторов: диаметра и материала существующего газопровода, степени его износа, требуемого срока службы, гидрогеологических условий, плотности окружающей застройки и наличия пересекающих коммуникаций. В таблице 1 представлены основные критерии выбора технологии.

При этом, опираясь на [4], отметим, что перед началом любых ремонтных работ необходимо выполнить гидравлическое моделирование газораспределительной сети [4].

Моделирование позволяет:

- определить зоны падения давления при отключении ремонтируемого участка;
- обосновать необходимость установки временных перемычек или шунтов;
- рассчитать резерв пропускной способности параллельных газопроводов;
- оценить режимы газоснабжения конечных потребителей на период ремонта [4].

Таблица 1 — Рекомендации по применению бестраншейных методов реконструкции газопроводов

Метод	Оптимальный диаметр, мм	Преимущества	Ограничения
Санация («Феникс»)	100–800	Минимальные земляные работы, сохранение диаметра, срок службы до 40 лет	Требует чистой внутренней поверхности трубы
Горизонтальное направленное бурение	до 630	Обход препятствий, сохранение покрытия, высокая скорость	Ограничение по длине (до 300–400 м)
Микротоннелирование	200–1200	Высокая точность, проходка под любыми преградами, большая длина	Высокая стоимость, необходимость шахт
Реновация (с разрушением)	100–500	Увеличение диаметра, использование старой трассы	Вибрация при разрушении старой трубы

Экономическая и социальная эффективность

Применение бестраншейных технологий при реконструкции газопроводов обеспечивает значительный экономический эффект. Как отмечают специалисты, проведение аналогичных работ открытым траншейным способом в условиях плотной городской застройки сопряжено с высокой стоимостью или практической невозможностью реализации [1].

Экономические преимущества бестраншейных методов:

- отсутствие затрат на вскрытие и вывоз грунта, восстановление асфальтового покрытия и благоустройство;
- значительное сокращение сроков проведения ремонтных работ (например, санация вместо трех месяцев работ занимает несколько недель) [8];
- работы проводятся малым количеством рабочих;
- не требуется тяжелая землеройно-транспортная техника;
- снижение затрат на согласования и получение ордеров на земляные работы [1].

Социальная эффективность выражается в:

- отсутствии необходимости перекрытия движения транспорта;
- сохранении привычных маршрутов пешеходов;
- сохранении зеленых насаждений;
- возможности проведения работ в исторических центрах без риска повреждения старинных зданий [1].

Дополнительным фактором эффективности является снижение рисков аварийных утечек газа в период проведения работ.

Экспериментальные исследования показывают, что расход газа при аварийной утечке на линейном участке газопровода существенно зависит от характера разрушения

трубы и давления в системе [10]. Применение бестраншейных технологий, исключающих вскрытие траншей уменьшает вероятность повреждения газопровода.

Опыт применения в городе Калининград

Калининград представляет собой уникальный объект для исследования в рамках заявленной темы. Исторический центр города сформирован преимущественно архитектурным наследием немецкого периода (здания конца XIX — начала XX века), что предполагает высокую плотность застройки, узкие улицы, наличие подземных коммуникаций, проложенных десятилетия назад, и жесткие требования к сохранению объектов культурного наследия [11]. Традиционные открытые методы реконструкции здесь либо запрещены охранными нормами, либо экономически нецелесообразны из-за необходимости демонтажа мостовых и восстановления исторического облика.

Анализ практики газоснабжающих организаций и администрации города показывает, что с середины 2010-х годов приоритет в Калининграде отдается методу горизонтально-направленного бурения (ГНБ) как основному инструменту «точечной» газификации объектов в охранных зонах.

Газификация бастиона «Кронпринц»

Наиболее показательным примером успешного применения бестраншейных технологий является проект прокладки газопровода к историческому комплексу оборонительной казармы «Кронпринц» (рисунок 5), находящийся на Литовском валу. До 2016 года объект культурного наследия федерального значения отапливался от угольной котельной, что создавало экологические риски и не соответствовало современным стандартам музейного хранения (требования к температурно-влажностному режиму) [11, 12].



Рисунок 5 – Казарма «Кронцпринц» [12]

Условия реализации проекта:

1. Трасса проектируемого газопровода сталкивалась с классическими для плотной застройки препятствиями:

- пересечение проезжей части Литовского вала (оживленная магистраль);
- проход через тело оборонительного вала (искусственное насыпное сооружение, являющееся частью памятника);
- пересечение крепостного рва с протекающим по дну ручьем [11].

Применение открытого способа в данном случае привело бы к разрушению культурного слоя, повреждению дренажных систем вала и полному перекрытию движения. Решение было найдено в использовании ГНБ.

2. Технические параметры работ:

- метод: Горизонтально-направленное бурение;
- объем: Две проходки длиной по 80 метров каждая [12];
- глубина залегания: 11–15 метров (обеспечило прохождение под фундаментами вала и руслом ручья без их вскрытия) [11];
- сроки работ: 2–3 дня (время непосредственного бурения без учета подготовительных работ) [12].

3. Результаты и выводы:

Проект был реализован в 2016 году.

Стоимость муниципального контракта составила 2,3 млн. рублей [11].

Эффект выразился не только в переводе котельной с угля на газ, но и в полном сохранении дорожного покрытия, зеленых насаждений и архитектурной целостности вала.

Данный опыт подтвердил, что ГНБ является единственно приемлемым методом проходки под искусственными насыпями и водными преградами в черте города.

Заключение

1. Ремонт и реконструкция газопроводов в условиях плотной городской застройки требуют применения специализированных бестраншейных технологий, минимизирующих вмешательство в сложившуюся городскую среду.

2. Основными методами бестраншейной реконструкции являются санация (метод «Феникс»), горизонтальное направленное бурение, микротоннелирование и реновация. Каждый метод имеет оптимальную область применения, определяемую диаметром трубопровода, гидрогеологическими условиями и требованиями к результату.

3. Бестраншейные технологии обеспечивают значительную экономическую эффективность за счет сокращения сроков работ, отсутствия затрат на восстановление благоустройства и минимизации использования тяжелой техники.

4. Социальный эффект от применения данных методов выражается в сохранении транспортной доступности, отсутствии неудобств для жителей и возможности проведения работ в исторических районах без ущерба для архитектурного наследия. Кроме того, снижается риск аварийных утечек газа [10].

5. Опыт города Калининграда подтвердил, что дальнейшее развитие и внедрение бестраншейных технологий является приоритетным направлением модернизации газораспределительных сетей в условиях современной городской застройки.

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что на момент передачи статьи в редакционную коллегию, у них нет возможного конфликта интересов с третьими лицами.

Список источников:

1. Лютова Т.Е. Особенности и возможности современных способов реконструкции и ремонта подземных газопроводов в условиях городской застройки/ Т. Е. Лютова // Ползуновский вестник -2014. -№1. – С. 92–95.
2. Проектирование газораспределительных систем: учебное пособие для студентов направлений 21.03.01 Нефтегазовое дело 21.04.01 Нефтегазовое дело / Р. А. Шестаков, И. В. Орехова, Ю. С. Матвеева [и др.]. – Москва: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2024. – 121 с. – ISBN 978-5-91961-532-3. – EDN LMLUIA.
3. Реконструкция газопроводов среднего и низкого давления завершилась в Хамовниках // Информационный Центр Правительства Москвы. - 2025. - 4 апр.,- URL: <https://www.mos.ru/news/item/152130073/> (дата обращения: 05.04.2026).
4. Матвеева, Ю. С. Моделирование работы газораспределительных сетей низкого давления при проведении ремонтных работ / Ю. С. Матвеева // Трубопроводный транспорт с 2021 : Тезисы докладов XVI Международной учебно-научно-практической конференции, Уфа, 17–18 ноября 2021 года. – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2021. – С. 133-134. – EDN CSXHEW.
5. Технологическое оборудование транспорта и хранения газа : Учебное пособие для студентов направления 21.03.01 «Нефтегазовое дело» / А. С. Алихашкин, Н. Н. Голунов, С. В. Дейнеко [и др.]. – Москва: Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, 2023. – 153 с. – EDN PNLLCH.
6. Реконструкция газопроводов по технологии «Феникс» - санация // АО «Мосгаз».
7. Какие методы используют в столице при строительстве и реконструкции подземных инженерных коммуникаций // Рамблер/новости. - 2026. - 2 мар. - URL:https://news.rambler.ua/moscow_city/56124552-kakie-metody-ispolzuyut-v-stolitse-pri-stroitelstve-i-rekonstruktsii-podzemnyh-inzhenernyh-kommunikatsiy/ (дата обращения: 05.04.2026).
8. Как столичные предприятия применяют бестраншейные технологии на пользу городу // АО «Мосгаз». - 2025. - 23 апр.,- URL: <https://www.mos-gaz.ru/press-service/publications/2025/04/23/6484> (дата обращения: 05.04.2026).
9. Шеногин М.В., Захарова Д.Ю. Особенности применения технологии микротоннелирования при строительстве газораспределительных сетей в условиях плотной городской застройки / М.В. Шеногин, Д.Ю. Захарова // Вестник магистратуры, 2021, № 9-2. С. 120.
10. Николаев, А. К. Экспериментальные исследования определения расхода газа при аварийной утечке на линейном участке газопровода / А. К. Николаев, В. Г. Фетисов, Ю. В. Лыков // Трубопроводный транспорт: теория и практика. – 2017. – № 2(60). – С. 14-17. – EDN ZOGFXV.
11. Бойко Е. Вековому бастиону – современное отопление// Официальный сайт Администрации городского округа «Город Калининград». - 2016. - 26 июл. - URL: <https://www.klgd.ru/press/news/detail.php?ID=432681> (дата обращения: 11.04.2026).

12. Амозов К. В Калининграде газифицируют старый немецкий бастион// Калининград.Ru. - 2016. - 26 июля. - URL: <https://kgd.ru/news/society/item/55723-v-kaliningrade-gazificiruyut-staryj-nemeckij-bastion/amp> (дата обращения: 11.04.2026).

Organizational features of repair and reconstruction of gas pipelines in conditions of dense urban development

Sofia Alexandrovna Shcherbakova¹, Yulia Sergeevna Matveeva²

^{1,2} *Kaliningrad State Technical University, Institute of Marine Technologies, Energy and Construction, Kaliningrad, Russia*

¹ sofya.shcherbakova.0200@mail.ru, ² yuliya.matveeva@klgtu.ru

Abstract

The article examines modern methods and technologies for the repair and reconstruction of underground gas pipelines under conditions of dense urban development. The main problems arising when carrying out works in cramped urban conditions are analyzed: limited space, high density of underground utilities, the need to preserve road pavement.

Characteristics and recommendations for the application of trenchless technologies — lining (cured-in-place pipe), horizontal directional drilling, microtunneling, and pipe bursting (renovation) — are presented. The economic, technological, and social efficiency of implementing these methods is substantiated.

Keywords: gas pipeline, reconstruction, dense urban development, trenchless technologies, horizontal directional drilling, microtunneling, renovation.