



ПОРТРЕТ ОРГАНИЗАЦИИ

PORTRAIT OF THE ORGANIZATION

Тип статьи: научная, оригинальная

Article type: original

<https://doi.org/10.31615/j.corros.prot.2025.115.1-5>

Обеспечение безопасности и повышение эффективности эксплуатации объектов энергетики с применением минерально-полимерных покрытий

В.Н. Злобин✉

ООО «Специализированное управление – 87»,
РФ, 119002, г. Москва, Смоленский бульвар, д. 24, стр. 2

e-mail: info@su87.ru

Аннотация. Работа посвящена обеспечению безопасности и повышению эффективности важнейших отраслей городского хозяйства, к которым относятся теплоснабжающие и электроснабжающие предприятия города. Система энергоснабжения включает комплекс энергетических установок и сетей, обеспечивающих потребителей в городе тепловой и электрической энергией. Наибольшую сложность для городских властей представляет организация систем теплоснабжения, так как она требует значительных капиталовложений в теплотехническое оборудование и тепловые сети, непосредственно влияет на экологическое и санитарное состояние окружающей среды, а также имеет многовариантное решение.

Ключевые слова: антикоррозионное защитное минерально-полимерное покрытие (МПП), санация, бестраншейные технологии, тепловая сеть, инновационный комплексный подход (ИКП), лакокрасочные покрытия (ЛКП)

Для цитирования: Злобин В.Н. Обеспечение безопасности и повышение эффективности эксплуатации объектов энергетики с применением минерально-полимерных покрытий // Практика противокоррозионной защиты. – 2025. – Т. 30, № 1 – С. 49-66. <https://doi.org/10.31615/j.corros.prot.2025.115.1-5>

Статья получена 03.02.2024. Принята к публикации 15.02.2025. Опубликовано 01.03.2025.

Ensuring the Safety and Increasing the Efficiency of Energy Facilities Using Mineral Polymer Coatings

Victor N. Zlobin✉

Limited Liability Company Specialized Management – 87,
bld. 2, 24, Smolensky Boulevard, 119002, Moscow, Russian Federation

e-mail: info@su87.ru

Abstract. The work is devoted to ensuring safety and increasing efficiency in the most important sectors of the urban economy, which include heat and electricity supply enterprises in the city. The energy supply system includes a complex of power plants and networks that provide consumers in the city with heat and electricity. The organization of heat supply systems is the most difficult for the city authorities, as it requires significant investments in heating equipment and heating networks, directly affects the ecological and sanitary state of the environment, and also has a multi-variant solution.

Keywords: anticorrosive protective mineral polymer coating (MPP), sanitation, trenchless technologies, heating network, innovative integrated approach (ICP), paint and varnish coatings (LKP)

For citation: Zlobin, V. N. Ensuring the Safety and Increasing the Efficiency of Energy Facilities Using Mineral Polymer Coatings. *Theory and Practice of Corrosion Protection*, 30(1), 49-66. <https://doi.org/10.31615/j.corros.prot.2025.115.1-5>

Received February 03, 2024. Accepted for publication February 15, 2025. Published March 01, 2025.

Введение

Деятельность компании «СУ-87», начиная с 1997 года, охватывает многие направления в сфере строительства и проектирования наружных сетей в системе ЖКХ. Мы работаем с различными средами, давлениями и материалами труб, ежегодно сдавая в эксплуатацию более 20 тысяч погонных метров трубопроводов с техническими сооружениями.

Отличительный знак компании – способность успешно выполнить любое задание, вне зависимости от сложности проекта. Мы тщательно готовимся к проектам, подбираем квалифицированных сотрудников, лучшие машины и вспомогательное оборудование. Регулярно обновляем и модернизируем парк. В 100% случаев наши клиенты обращаются к нам с новыми проектами. Мы применяем новейшие бестраншейные технологии как для ремонта, так и для замены участков трубы целиком. Процессы проектирования и строительства инженерных коммуникаций отлажены до автоматизма и постоянно улучшаются. Это позволяет быстро выполнять работу в стеснённых городских условиях, где открытый способ нарушает работу инфраструктуры и доставляет дискомфорт жителям.

Не меньшую гордость мы испытываем от освоения компанией современных методов санации трубопроводов. Санация труб, подобно профилактике нарушений здоровья человека, обходится гораздо дешевле лечения и эффективно продлевает срок службы трубопроводов. Сегодня компания занимает лидирующие позиции по разработке и внедрению передовых технологий и инноваций в проектирование инженерных коммуникаций, диагностике, строительстве новых и восстановлении существующих трубопроводов (рис. 1).

Любые трубопроводы со временем растрескаются, изнашиваются, подвергаются коррозии. Санация позволяет восстановить надёжность и пропускную способность водопроводных, канализационных, тепловых и нефтегазовых сетей.

Приоритетным направлением для нас являются тепловые сети – наиболее уязвимые элементы системы теплоснабжения в России. Основные средства, выделяемые бюджетом на капитальный и текущий

ремонт подземных инженерных систем, поглощаются именно тепловыми сетями. Большинство подземных коммунальных трубопроводов в России находится в эксплуатации с 30...70 гг. двадцатого века и практически исчерпали свой срок службы.

Согласно данным российских источников, при благоприятных условиях строительства и эксплуатации долговечность элементов тепловых сетей в среднем составляет:

- стальные трубы – 10...20 лет;
- тепловая изоляция – 10...15 лет;
- гидроизоляция и защитные антикоррозионные покрытия – 5...7 лет [1].

Актуальность решения задачи эффективного ремонта теплотрасс предопределила то большое внимание, которое уделяли и уделяют этой проблеме специалисты исследовательских лабораторий ведущих мировых производителей защитных покрытий. Не остались в стороне и наши специалисты. Занявшись исследованием и разработкой данной проблемы, они пришли к мнению, что одним из возможных решений по ремонту и восстановлению трубопроводов системы теплоснабжения является использование для этой цели цементно-песчаных покрытий (ЦПП). Тем более, на тот момент это было одним из основных наших направлений при проведении санации водопроводных сетей. Цементно-песчаное покрытие наносится достаточно быстро (100 и более погонных метров в день), имеет сравнительно невысокую стоимость и обладает высокими механическими и антикоррозионными свойствами. Это единственное известное покрытие, которое обладает свойствами пассивной и активной антикоррозионной защиты. Возможность применения цементного раствора для антикоррозионной защиты стальных и чугунных труб была впервые обоснована в 1836 году учеными Французской Академии наук. Было признано, что наиболее экономичным способом антикоррозионной защиты внутренней поверхности трубопровода является нанесение цементно-песчаного покрытия толщиной не менее 2,5 мм. Исследования внутренней поверхности трубопроводов с внутренним цементно-песчаным покрытием после 100 лет эксплуатации показали отсутствие коррозии и инкрустаций, а также сохранность гидроизоляционных

свойств [2]. Первые исследования возможности применения ЦПП для ремонта трубопроводов систем теплоснабжения показали, что обычный цементный раствор нельзя использовать в этих целях. В результате колебаний температуры транспортируемой воды цементный раствор отслаивается и разрушается. Ему не хватает эластичности.

Поэтому лабораторные исследования были направлены на улучшения эластичных свойств покрытия, тиксотропных свойств и технологичности материала (рис. 2).

Первоначально для проведения эксперимента был применён раствор с добавками латекса и измельченной резины автопокрышек, испытания показали, что мы двигались в правильном направлении. В результате проведенных натурных испытаний было разработано двухкомпонентное покрытие, которое не отслаивалось от внутренней поверхности стальных и чугунных труб при сильных колебаниях температуры транс-

портируемой воды. Это дало основание рекомендовать материал для устройства внутреннего защитного покрытия при ремонте трубопроводов систем теплоснабжения.

Минерально-полимерное покрытие (МПП) было разработано в 1996 году, покрытие доказало свои антикоррозионные свойства на многих километрах теплопроводов. Основным критерием разработки МПП послужило отсутствие на рынке покрытий, отвечающих единым санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям и работающих в диапазоне от -60°C до $+180^{\circ}\text{C}$, а также позволяющих увеличить нормативный срок службы трубопровода на 50 и более лет.

Основные механизмы защитного действия покрытия

МПП – это покрытие на минеральной основе, которое состоит из двух компонентов – жидкой и порошковой фракции.



Рис. 1. Инженерно-технический центр

Fig. 1. Engineering and Technical Center

Механизм защитного действия МПП основан на синергии минеральных и полимерных компонентов, обеспечивающей комплексную защиту материала. Вот ключевые его аспекты.

1. Барьерный эффект

- Минеральные компоненты (алюминат кальция, кварцевая мука, кварцевый песок, оксиды металлов) формируют плотный, износостойкий слой, блокирующий проникновение агрессивных сред (влаги, солей, химикатов).

- Полимеры (водная дисперсия полимера с присадками) заполняют микропоры и трещины, снижая проницаемость покрытия. Это предотвращает коррозию, карбонизацию бетона или окисление металла.

2. Химическая стойкость

- Полимерная матрица устойчива к действию кислот, щелочей, растворителей и

УФ-излучения, защищая основу от химической деградации.

- Минеральные наполнители могут содержать ингибиторы коррозии, замедляющие электрохимические реакции на поверхности металла.

Порошковый компонент, в состав которого входят различные согласованные друг с другом высококачественные природные минералы, имеет pH 2,5...14,0.

3. Механическая прочность и эластичность

- Минералы придают покрытию твёрдость и устойчивость к абразивному износу.

- Полимеры обеспечивают гибкость, предотвращая растрескивание при вибрациях, температурных деформациях или ударных нагрузках.

Каучук, содержащийся в готовом растворе, сохраняет упругость при температурах

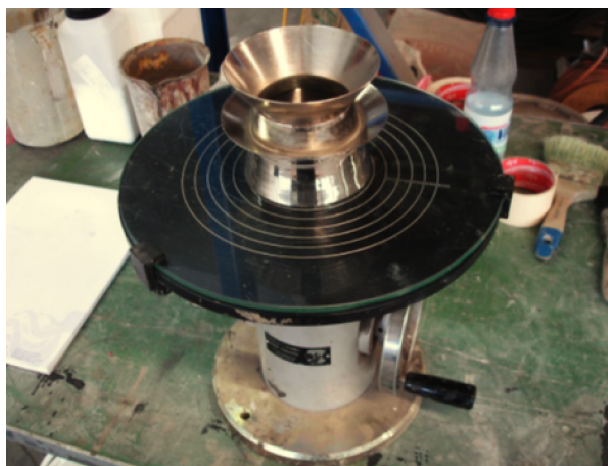


Рис. 2. Проведение лабораторных испытаний

Fig. 2. Conducting laboratory tests

до -60 °С, он не стареет и позволяет постоянно поддерживать смесь в стабильном состоянии.

4. Адгезия и герметизация

- Полимеры улучшают сцепление покрытия с подложкой, даже на неровных или влажных поверхностях.

- Минеральные частицы усиливают структурную целостность слоя, препятствуя отслоению.

Кроме того, покрытие устойчиво к деминерализованной и технической воде и обладает свойствами герметика и заполнителя. Его адгезионная способность к стенкам труб не ослабевает даже при многократных сменах температурного режима.

5. Термостойкость и огнезащита

- Минеральные компоненты выдерживают высокие температуры и замедляют распространение пламени.

- Полимеры могут быть модифицированы для устойчивости к термоокислительным процессам.

6. Самовосстановление микротрещин

- Состав минеральных компонентов способен восстанавливать целостность при появлении дефектов, например, трещин или разрывов.

Кроме того, покрытие устойчиво к деминерализованной и технической воде и обладает свойствами герметика и заполнителя.

7. Преимущества комбинации минералов и полимеров

- Минералы обеспечивают прочность и огнестойкость, полимеры – эластичность и герметичность. Эластичное покрытие без труда адаптируется к линейному расширению труб, причем никаких трещин на нем не образуется. Покрытие отличается эластичностью и термоустойчивостью при температурах -60... +180 °С.

- Универсальность. Покрытие адаптируется для защиты бетона, металла, древесины в условиях повышенной влажности, химических сред или механических нагрузок.

- Долговечность. Сочетание свойств продлевает срок службы конструкции, снижая затраты на обслуживание.

Таким образом, МПП действуют как multifunctional shield, сочетая физическую изоляцию, химическую инертность и способность адаптироваться к внешним воздействиям.

Сегодня с помощью МПП восстановлено более 95 000 п.м. теплотрасс. Покрытие рекомендовано к применению на объектах ПАО «МОЭК», ГУП «ТЭК СПб», ПАО «Мосэнерго», АО «Теплосеть СПб», ООО «Петербургтеплоэнерго» и других теплоснабжающих компаний. МПП прошло испытание в НИИ систем центрального отопления, ОАО «ВНИПИэнергопром», АНО «ЦНИИКС», ЗАО «НЦ ВНИИГС», имеет заключения, сертификаты и разрешения Ростехнадзора по применению материала на сетях теплоснабжения. Дальнейшее применение МПП сегодня рассматривается не только в плане санации старых (действующих) трубопроводов, но и для нанесения внутреннего или наружного антикоррозионного минерально-полимерного покрытия МПП на новые трубы в заводских условиях.

Несколько слов о проектах. Проекты были представлены на НТС Ростехнадзора и рекомендованы к ознакомлению персоналу поднадзорных организаций с включением информации о проектах с МПП в программы учебно-методического центра Ростехнадзора.

Антикоррозионная защита внутренней поверхности стальных трубопроводов тепловых сетей

Основная причина повреждений тепловых сетей – коррозионные разрушения металла труб. По информации Росстата, общий износ тепловых сетей составляет более 60%, более 30% (50 тыс. километров из 167 тыс. километров) тепловых сетей нуждаются в замене. Ветшание теплотрасс приводит к росту аварийных ситуаций, при этом масштабы аварий в системе централизованного теплоснабжения (до 80 %) наибольшие именно на тепловых сетях, происходят и выходы из строя котельных, квартальных тепловых сетей, связанных с административной ответственностью местного самоуправления. Что касается финансирования современной системы централизованного теплоснабжения, то в целом по стране необходимо инвестировать от 3 до 4,5 трлн. рублей. Найти на это средства в региональных и муниципальных бюджетах в системе существующего тарифного регулирования малореально [3]. На сегодня

нышний день, на рынке антикоррозионной защиты представлено очень много различных покрытий, начиная от лакокрасочных и заканчивая металлизационными, но для антикоррозионной защиты тепловых сетей, особенно внутренней поверхности трубопровода, сегодня, применяются только минерально-полимерные покрытия (МПП).

Вопрос, почему? Потому, что в процессе эксплуатации трубопроводы тепловых сетей подвержены воздействиям, которые приводят к снижению нормативного срока службы, а именно:

- наличие внутренней и внешней коррозии;
- напряженное состояние трубопровода;
- наличие блуждающих токов;
- повышенная температура/давление;
- циклический характер нагрузок вследствие постоянного изменения температуры теплоносителя и др.;
- отсутствие на рынке покрытий, отвечающих единым санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям и работающих в диапазоне +180 °С.

На трубопроводах, предназначенных для тепловых сетей, отсутствует в заводском исполнении внутреннее и наружное антикоррозионное покрытие, и коррозионные повреждения на трубах появляются при неблагоприятных условиях уже через 12...15 лет. К амортизационному сроку (25 лет) трубопроводы становятся аварийными, и борьба с локальными повреждениями здесь уже бесполезна – требуется полная их замена. В результате безаварийный период жизни тепловых сетей редко превышает 10 лет [4].

В 2013 г., в рамках сотрудничества с Некоммерческим партнерством «Российское Теплоснабжение», был проведен опрос, призванный выяснить, существует ли внутренняя коррозия стальных трубопроводов в системе теплоснабжения организаций-респондентов. 24 организации из 26 опрошенных ответили утвердительно, что составило (92,3%).

Ранее считалось, что основные повреждения связаны с наружной коррозией трубопроводов, и данные нашего опроса это подтвердили (65,4%). Однако в последнее время все более обостряются проблемы внутренней коррозии трубопроводов. Что бы ни говорили управляющие организации, внутренняя коррозия наблюдается практи-

чески во всех тепловых сетях, независимо от физико-химических параметров сетевой воды и прочих условий. Даже при надежном, в целом, водно-химическом режиме теплосети часты случаи кратковременного увеличения концентрации кислорода в сетевой воде. Причинами последнего являются, во-первых, некачественная работа деаэраторов, во-вторых, кратковременные отключения деаэраторов, в-третьих, присосы водопроводной воды в абонентских подогревателях (для закрытой теплосети), наконец, завоздушивание обратных трубопроводов (рис. 3).

Бытует мнение, что повышение концентрации кислорода в сетевой воде на короткое время не представляет опасности с точки зрения коррозии. Однако проведенные электрохимические исследования, а также многократные обследования внутренней поверхности трубопроводов с помощью ультразвуковой панорамной дефектоскопии показали, что даже кратковременные «проскоки» кислорода в сетевую воду приводят к появлению питтингов на поверхности металла труб, которые могут развиваться в язвы и свищи в деаэрированной воде после ликвидации «проскока», резко увеличивая повреждаемость трубопроводов теплосети от внутренней коррозии.

Причиной увеличения доли внутренней коррозии является уменьшение толщины стенок трубопроводов теплосети самых распространенных в тепловых сетях труб (Ду 200... 800 мм, 16...8 мм) в среднем на 25...50%.

Второй фактор – изменение качества металла, используемого для трубопроводов теплосети, что подтверждается проведенным НП «РТ» опросом. 84,6% респондентов ответили, что на внутреннюю коррозию оказывает влияние не только качество выполненных работ по прокладке нового трубопровода, но и качество выпускаемых труб. На сегодняшний день стальная труба, выпущенная в 1936 г. оказалась по коррозионной стойкости выше, чем стальная труба выпуска 70-80 годов прошлого века. В среднем по России, 28% всех повреждений тепловых сетей обусловлены внутренней коррозией. В тепловых сетях Мосэнерго доля этих повреждений в 1985-1990 гг. достигала 35...37% [5].

Краткая методика нанесения МПП на внутреннюю поверхность стальной трубы на действующем трубопроводе

Для выполнения работ по нанесению антикоррозионного минерально-полимерного покрытия на внутреннюю поверхность стальных трубопроводов действующих тепловых сетей необходимо провести ряд мероприятий, включая раскопку котлованов, демонтаж плит перекрытия и вырезку технологических латок в верхней части трубопровода.

Основные работы по проведению санации МПП

- Телеинспекция внутренней поверхности трубопровода с помощью телевизионного робота на предмет наличия в трубопроводе посторонних предметов, заужения проходного сечения диаметра трубопровода, опуска, подъема и т.д., мешающих процессу чистки трубопровода.

- Чистка внутренней поверхности трубопровода с помощью комплекса механизмов для подготовки поверхности (метод «КМПП – 87»), который включает:

- механическую чистку трубопровода посредством скребкового или манжетного снаряда;
- гидродинамическую чистку трубы сверхвысоким давлением до 2500 атм;
- чистку высоким давлением до 500 атм.

с помощью каналопромывочной машины.

- Нанесение покрытия на внутреннюю поверхность трубы при помощи разбрызгивающей головки с электрическим или пневматическим приводом. С помощью тяговой лебёдки с плавным регулированием подающий шланг и распыляющая головка вытягивается из трубы «методом на себя» со скоростью, которая определяется заранее в зависимости от толщины покрытия и диаметра трубы. Через 24...48 часов после санации производится телеконтроль и оценка качества нанесения покрытия на внутреннюю поверхность трубопровода.

- Заварка технологических латок, восстановление плит перекрытий и благоустройство участка санации (рис. 4).

Первый опыт нанесения МПП в 2001 году был получен в тепловых сетях филиала № 10 «Зеленоградский» ОАО «МОЭК» на участке от ТК №47 до ТК №77 путем санации внутренней поверхности трубопровода 2Ду400 мм (год прокладки трубопровода 1985 г.) с помощью антикоррозионного минерально-полимерного покрытия «ТЮКОН» (МПП «ТЮКОН»), общая протяженность объекта составила 3000 метров. Применение антикоррозионной защиты на данном объекте было обусловлено наличием внутренней коррозии трубопровода. Трубопровод на данном участке находился в

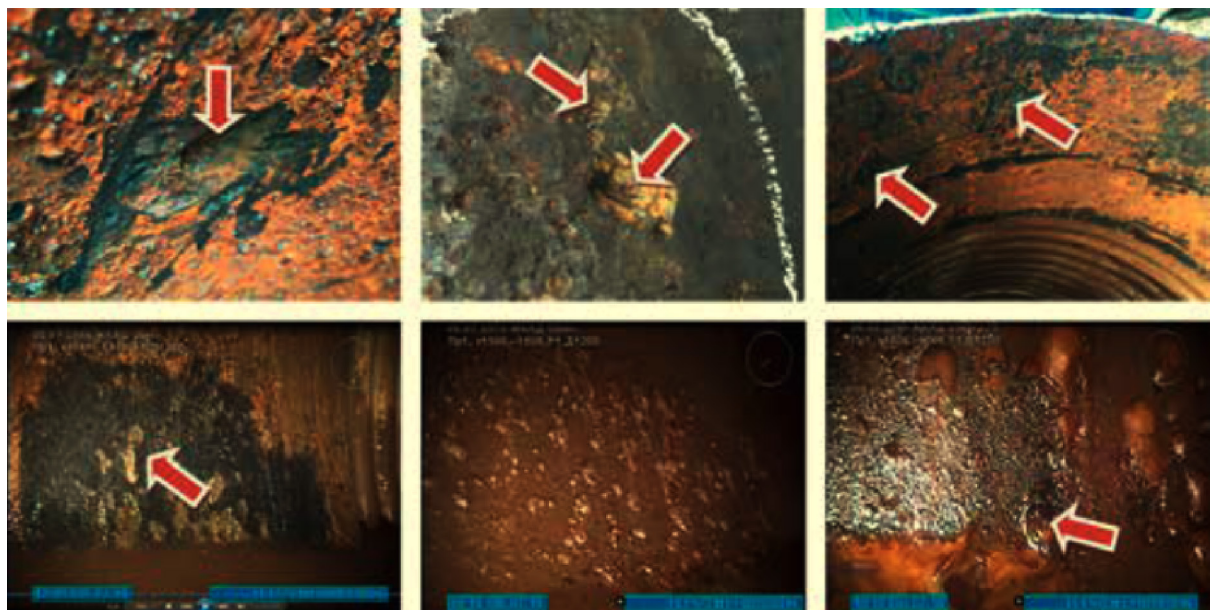


Рис. 3. Коррозия внутренней поверхности трубопроводов

Fig. 3. Corrosion of the inner surface of pipelines

проходном коллекторе. Для нанесения антикоррозионного минерально-полимерного покрытия «ТЮКОН» через каждые 100 метров необходимо было вскрыть плиту перекрытия и вырезать технологические окна. П-образные компенсаторы были вырезаны и демонтированы, нанесения покрытия на них осуществлялось на поверхности. В то время с помощью применяемого оборудования по нанесению МПП пройти 4 угла поворота не представлялось возможным.

В 2019 году в рамках мониторинга МПП на данном объекте был проведён визуальный и телевизионный контроль внутренней поверхности трубопровода, а также измерения толщины покрытия и его адгезионной прочности после 18 лет эксплуатации в системе теплоснабжения. Мониторинг проводился в проходном коллекторе: г. Зеленоград, Сосновая аллея ПК261 – 261. Обследуемый участок ТК47 – ТК77 – подающий (Р1 нижняя труба) и обратный (Р2 верхняя труба) трубопровод 2Ду400 мм длиной 2 x 30 метров. По результатам проведённого мониторинга внутренней поверхности подающего Р1 и обратного Р2 трубопровода на участке ТК 47 – ТК 77 можно сделать следующие выводы.

1. Визуальный и телевизионный контроль показал, что покрытие после 18 лет эксплуатации в системе теплоснабжения находится в удовлетворительном состоянии (рис. 5).

2. Покрытие нанесено по всей длине трубопровода Р1 и Р2. Внутренние сварные швы на трубах закрыты покрытием, это говорит о том, что нанесение покрытия осуществлялось в соответствии с технологическим регламентом по нанесению МПП для действующих трубопроводов.

3. На покрытии не обнаружено, каких-либо растрескиваний, отложений и наростов.

4. Наличие волнистости покрытия по всей длине трубопровода обусловлено особенностью технологического оборудования по нанесению МПП.

5. Отсутствие покрытия на внутреннем сварном шве основной трубы Р1, Р2 и отводами обусловлено отсутствием в 2001 году технологии по защите сварных швов на действующих трубопроводах.

6. Визуальный контроль внутренней поверхности трубопровода без антикоррозионного МПП показал, что в этом месте труба

и отвод имеют следы коррозионного износа и отложений.

7. Средняя толщина покрытия на трубопроводах Р1 5,577 мм и Р2 5,862 мм, что соответствует заявленным требованиям технологической инструкции и технологической карты по нанесению антикоррозионного минерально-полимерного покрытия. Данный показатель говорит о стойкости покрытия к истиранию и вымыванию в условиях влияния эксплуатационных факторов.

8. Показатели адгезионной прочности покрытия на трубопроводах Р1 и Р2 минимальный показатель – 1,83 МПа, максимальный показатель – 4,57 МПа, что соответствует заявленным требованиям на МПП не менее 1 МПа. Наличие остаточной толщины покрытия на участках отрыва «грибка» говорит о когезионном характере прочности покрытия.

9. Рекомендуется проведение повторного мониторинга и телеинспекционное обследование контрольного участка трубопровода ТК 47 – ТК 77 через 5 лет, с целью получения дополнительных сведений по дальнейшему применению и улучшению качества МПП.

В результате полученного многолетнего опыта и с целью дальнейшего применения антикоррозионного покрытия МПП на объектах теплоснабжающих компаний, мы предложили заказчикам (ПАО «МОЭК», ОАО «Теплосеть СПб» и др. теплоснабжающие компании) инновационный комплексный подход (ИКП) для восстановления и защиты трубопроводов тепловых сетей.

В чём же заключается ИКП?

На первом этапе после предварительного натурного обследования объекта проводится внутритрубная диагностика для определения критических мест, препятствующих безаварийной эксплуатации.

На втором этапе по результатам диагностики осуществляется локальный ремонт трубопровода с заменой аварийных и предаварийных участков.

Третий этап включает в себя нанесение на внутреннюю поверхность труб антикоррозионного минерально-полимерного покрытия (рис. 6).

Решение о проведении реновации принимается на основе технических отчетов



МПП «ТЮКОН» поступает в герметичной упаковке

/ MPP "TYUKON" is supplied in sealed packaging



Гидродинамическая чистка трубы сверхвысоким давлением до 2500 атм

/ Hydrodynamic cleaning of pipes with ultra-high pressure up to 2500 atm



Нанесение покрытия на внутреннюю поверхность трубы

/ Application of coating to the inner surface of the pipe



Внутренняя поверхность трубы после нанесения

/ The inner surface of the pipe after application

Рис. 4. Краткая методика нанесения МПП на внутреннюю поверхность трубы

Fig. 4. A brief procedure for applying MPP to the inner surface of the pipe

внутритрубной диагностики, содержащих данные о наличии коррозии на внутренней поверхности труб. По итогам выполненного комплекса работ срок безаварийной эксплуатации трубопровода может быть увеличен до двадцати пяти лет.

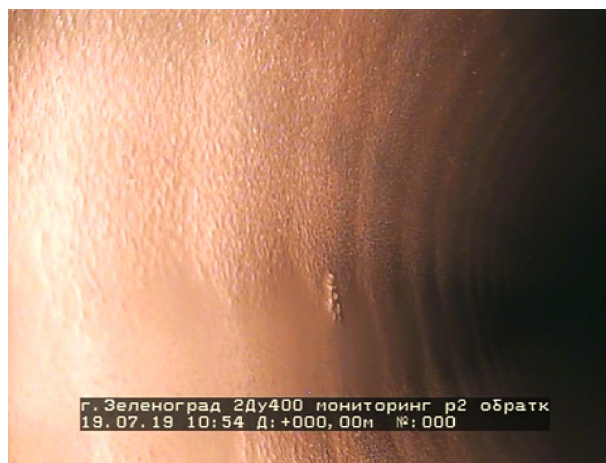
Накопленный нами опыт показывает наличие 7% участков, которые действительно требуют немедленного ремонта. Из 65 000 метров сетей, продиагностированных нами

начиная с 2015 года, замене подлежат лишь 4 550 метров труб. Адресное проведение реновации позволяет высвободить более 70% денежных средств, выделяемых на «слепую» перекладку тепловых сетей. Таким образом, возникающие дополнительные расходы на диагностику и реновацию переходят из статьи затрат в область рационального и эффективного финансирования.

За 25 лет реконструкции и модернизации



a



b

Рис. 5 Внутреннее МПП после 18 лет эксплуатации

Fig. 5 Internal MPG after 18 years of operation

коммуникаций мы изучили и опробовали различные технологии диагностики и восстановления трубопроводов в условиях высокого процента износа трубопроводов и ограниченного финансирования эксплуатации и ремонта.

Преимущества комплексного подхода:

- снижение потерь;
 - отсутствие необходимости «слепой» замены больших участков трубопроводов;
 - снижение раскопок и демонтажа, большая часть работ производится без вскрытия и замены;
 - сбережение материалов и энергии;
 - сохранение существующего стального (или другого) оборудования, продление срока службы;
 - повышение надёжности, предотвращение утечек и проливов;
 - защита окружающей среды;
 - компактность воздействия, снижение нагрузки на окружающую среду от отходов и выбросов;
 - меньше углеродный след за счёт экономии топлива на транспортировку и работу механизмов;
- Определяющие наш подход задачи:
- объективно оценить состояние трубопроводов и ёмкостей,
 - бережно восстановить поврежденные участки для надёжной работы,
 - защитить оборудование от разрушающих факторов, увеличив срок службы.

В результате сложился уникальный комплексный подход к повышению надёжности оборудования. Как пример, предполагаемые затраты на строительство участка теплосети до проведения внутритрубной диагностики (Ду 1000 мм и протяжённостью 4 км) составили 1116,25 млн. руб. Срок выполнения работ по данному проекту перекладки трубопровода составлял 24 месяца. При комплексном подходе сроки выполнения работ составили 8...10 месяцев, а экономия средств от проведения внутритрубной диагностики участка теплосети, локального ремонта и последующей его санации с помощью МПП 76% или 845,03 млн. руб. Как говорится, результат налицо. На сегодняшний день продиагностировано и защищено от внутренней коррозии более 95 000 п.м. трубопроводов на объектах теплоснабжающих компаний, что подтверждается актами выполненных работ и отзывами.

Стальные трубы для тепловых сетей с внутренним и/или наружным антикоррозионным МПП в заводском исполнении

Дальнейшее продвижение минерально-полимерных покрытий сегодня рассматривается не только в сфере санации старых трубопроводов, но и в других направлениях, в частности, при изготовлении в заводских условиях стальных труб с внутренним и/или наружным антикоррозионным минерально-полимерным покрытием МПП в ППУ/ППМ изоляции с целью их применения при новом строитель-



**Рис. 6. Инновационный комплексный подход (ИКП)
для восстановления и защиты трубопроводов тепловых сетей**

**Fig. 6. Innovative integrated approach (ICP)
for restoration and protection of pipelines of heating networks**

стве тепловых сетей, реконструкции, замене участка тепловой сети под проезжей частью, при закрытой и/или открытой системе теплоснабжения.

Большая часть тепловых сетей построена методом подземной бесканальной прокладки в тепловой изоляции, подвергается активной коррозии, физическому преждевременному износу по причинам возникновения наружной и внутренней коррозии. Анализ статистических данных причин появления повреждений на трубопроводах тепловой сети коммунальных теплоснабжающих компаний, полученных в результате осмотра дефектных труб линейным персоналом филиалов, показал, что около 23...27% повреждений были вызваны внутренней коррозией. Однако необходи-

мо отметить, что около 45...50% отказов на тепловых сетях связаны с трубопроводами, которые на поверхности металла труб имели явные признаки совместного действия внутренней и наружной коррозии. Но, поскольку наружная коррозия была проявлена более активно, чем внутренняя коррозия трубопровода, причиной появления отказа была определена первая из них. Повреждения, вызванные внутренней коррозией, обычно имеют вид небольших сквозных отверстий, при которых дно коррозионной лунки достигает внешней поверхности трубы или щели в сварочном шве. Протечки через такие повреждения не велики, но их трудно обнаружить, потому их своевременно не устраняют. Сетевая вода, выходя под давлением из сквозного отверстия, увлаж-

няет и разрушает гидро- и теплоизоляцию. В результате на наружной поверхности трубы создаются благоприятные условия для интенсивного развития наружной коррозии (рис. 7).

В отличие от внутренней коррозии, наружная коррозия реализуется как сплошное утонение металла на большой площади. Когда толщина стенки трубы уменьшается до критической величины, она разрушается, приводя к интенсивной протечке теплоносителя. Таким образом, можно сделать вывод, что наличие внутренней коррозии в данном случае является первопричиной возникновения отказа на трубопроводе из-за наружной коррозии.

Повреждаемость внутриквартальной тепловой сети можно характеризовать следующим образом:

- внутренняя коррозия трубопроводов (60...70 %);
- наружная коррозия (23...27%);
- низкое качество проведения строительных и ремонтных работ (5...7%) [7].

Одним из важных факторов, влияющих на надежность работы тепловой сети, является внутренняя коррозия трубопроводов. Разрушение металла является одним из проявлений внутренней коррозии, которая приводит не только к снижению надежности транспортировки тепловой энергии, но и ухудшает качество теплоснабжения. Внутренняя коррозия приводит к образованию на стенках трубопроводов слоев железистых отложений, которые увеличивают гидравлическое сопротивление трубопроводов, в результате чего, для поддержания необходимого гидравлического режима в системе теплоснабжения, эксплуатационный персонал вынужден повышать давление в подающем трубопроводе. Из-за повышенного давления в трубопроводах вероятность появления свищей возрастает, а надежность транспортировки тепловых сетей снижается. Циркулирующие в системе продукты коррозии, попадая в домовые системы, накапливаются в отопительных приборах и уменьшают обогрев помещений (рис. 8).

Такие действия не только ухудшают режимы работы системы отопления в целом, но и увеличивают количество используемой подпиточной воды, а, следовательно,

способствуют попаданию дополнительного кислорода и увеличению внутренней коррозии трубопроводов. Эксплуатационный персонал, обслуживающий трубопроводы горячего водоснабжения от групповых котельных, которые не имеют деаэрационной обработки подпиточной воды, утверждает, что внутренние поверхности трубопроводов спустя 3-4 года “зарастают” железистыми отложениями. Поэтому эксплуатационному предприятию приходится экстренно проводить замену трубопроводов [7]. Мы не будем подробно останавливаться на тех факторах, которые приводят к коррозионным отложениям и как с этим борются теплоснабжающие компании. Но проблема коррозии внутренней/ или наружной поверхности на трубопроводах тепловых сетей продолжает существовать. Наша компания предлагает решить эту проблему с помощью антикоррозионной защиты внутренней и/или наружной поверхности стальных труб для тепловых сетей в заводском исполнении при перекладке и новом строительстве. Правильность выбранного направления подтверждается проведенным в 2015 г. в рамках сотрудничества с Некоммерческим партнерством «Российское Теплоснабжение» опросе: «Считаете ли Вы целесообразным в Вашей системе теплоснабжения применить новые стальные трубы с внутренним и/или наружным антикоррозионным покрытием в заводском исполнении при устройстве тепловых сетей» среди 22-х теплоснабжающих компаний, принявших участие в опросе, 14 организаций ответили утвердительно, что составило (62%).

С целью определения влияния применения антикоррозионного минерально-полимерного покрытия на эксплуатационные характеристики трубопроводов, а именно, на срок их службы при расчетной толщине стенки трубопроводов тепловых сетей с параметрами теплоносителя $T=150\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P=1,6\text{ МПа}$, институтом ОАО «ВНИПИэнергопром» был проведен технико-экономический расчет, который установил следующее.

1. Применение в качестве антикоррозионной защиты минерально-полимерного покрытия приводит к увеличению срока

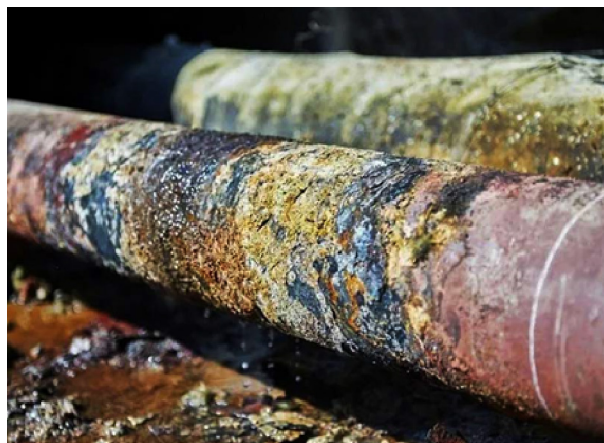


Рис. 7. Дефекты наружной коррозии на тепловых сетях [6]

Fig. 7. Defects of external corrosion on heating networks [6]

службы трубопроводов за счет снижения скорости наружной коррозии. Увеличение срока службы трубопроводов составляет от 12 до 50 лет.

2. Расчет приведенных затрат, определенных настоящим технико-экономическим обоснованием, показывает, что применение антикоррозионного МПП снижает их в зависимости от диаметра трубопровода на 12...21% относительно обычных трубопроводов, не использующих антикоррозионную защиту.

3. Применение антикоррозионного МПП приводит к снижению эксплуатационных затрат на ремонт трубопроводов, в связи с отсутствием затрат на замену стальных трубопроводов, а сводится только к обновлению изоляционного слоя.

4. Расчеты срока службы трубопроводов могут служить основанием для снижения нормативной толщины стенки за счет отсутствия прибавки на коррозию на 15...20% и, соответственно, снижению капитальных затрат на строительство.

5. Сравнение математических моделей трубопроводов при применении МПП и уменьшении толщины стенки трубопровода с моделью с нормативной толщиной стенки без применения МПП показало, что эквивалентное число полных циклов в обоих вариантах соответствует безаварийной работе трубопроводов на протяжении 30 лет, а использование МПП приводит к продлению ресурса и соответственно к снижению приведенных затрат настоящего обоснования.

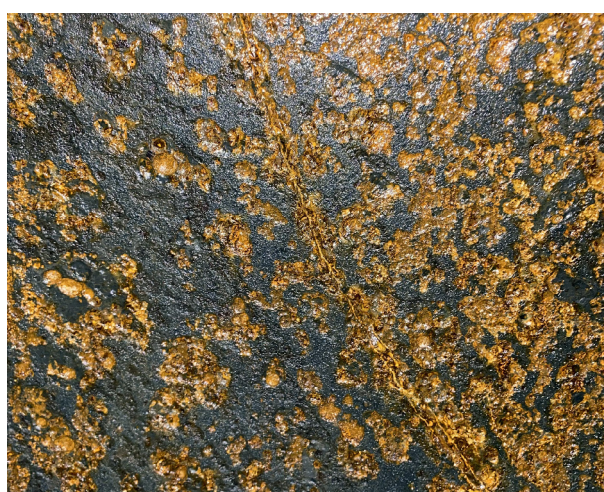


Рис. 8. Внутренняя коррозия на тепловых сетях [6]

Fig. 8. Internal corrosion on heating networks [6]

Зачем нужно антикоррозионное покрытие труб?

Одной из важнейших задач эксплуатации тепловых сетей является защита тепловых сетей от коррозии. Незащищенные трубопроводы подвержены коррозии независимо от того, где они находятся: зарыты они под землей, установлены над поверхностью или, тем более, под водой, они будут терять свои эксплуатационные характеристики. Коррозия трубопроводов – явление, обусловленное, главным образом, электрохимическими реакциями окисления металла при взаимодействии с влагой.

Металл постепенно видоизменяется на ионном уровне и, распадаясь, исчезает с поверхности трубы. Окисление, характеризующее феномен коррозии металлических трубопроводов, может происходить по различным причинам и, следовательно, возникает на основе различных механизмов. В этой связи при выборе наиболее подходящих способов противодействия механизмам коррозии необходимо учитывать особенности ситуации, в которой она наблюдается.

Для защиты труб тепловых сетей от наружной коррозии в зависимости от способа прокладки и температуры теплоносителя применяют пассивную защиту с помощью изолирующих антикоррозионных покрытий, защищающих стальные трубы от внешнего воздействия. Кроме антикоррозионных свойств, покрытие должно обладать термостойкостью при максимальной температуре теплоносителя.

Надёжная защита трубопроводов является гарантией длительной, безаварийной эксплуатации. Поэтому важно создавать такие трубы, которые были бы защищены антикоррозионным покрытием, предотвращающим разрушение стенок труб и продлевающие срок их эксплуатации (*рис. 9*).

В рамках продвижения данного направления совместно с теплоснабжающими компаниями ПАО «МОЭК», ГУП «ТЭК СПб» и ООО «Петербургтеплоэнерго» были выполнены пилотные проекты и проведены соответствующие НИОКР.

Цели проведения работ

1. Повышение надежности и долговечности тепловых сетей за счёт применения пре-

дизолитированных труб с внутренним и/или наружным антикоррозионным минерально – полимерным покрытием в заводском исполнении при новом строительстве, реконструкции и замене участка тепловой сети под проезжей частью, а также при открытой и закрытой системах теплоснабжения.

2. Определение целесообразности и эффективности применения в тепловых сетях стальных труб и фасонных изделий с наружным минерально-полимерным покрытием «ТЮКОН» (МПП «ТЮКОН») под тепловой изоляцией из пенополиуретана с защитной оболочкой.

Повысить надежность и долговечность трубопроводов в ППУ-изоляции можно путем введения в конструкцию предварительно изолированных стальных труб с антикоррозионным покрытием.

Коррозия на трубах с ППУ-изоляцией может возникнуть несмотря на наличие пенополиуретанового слоя на трубопроводе. Увлажнение ППУ-изоляции – наиболее распространённая причина наружной коррозии стальной трубы. Это может происходить вследствие нарушения ее герметичности в местах расположения муфт, стыков, прочих узлов конструкции, при механических повреждениях оболочки. Помимо вышеперечисленного, коррозия труб в пенополиуретановой оболочке может происходить по следующим по причинам:

- некачественный монтаж изоляции,
- низкоккачественные материалы,
- низкая адгезия пенополиуретана к трубе.
- скопление жидкости в низинах, в месте расположения участков трубопровода,
- при резких перепадах температуры образующаяся конденсация может привести к коррозии.

Этапы эволюции покрытий трубопроводов показаны на *рис. 10*.

Подытоживая все вышесказанное, можно сформулировать задачи работы организации ООО «Су-87». Создание образцов труб с наружным минерально-полимерным покрытием «ТЮКОН» (МПП «ТЮКОН») и индустриальной ППУ-изоляцией, проведение испытаний на соответствие ГОСТ 30732-2020, определение величины изменения стоимости труб с наружным МПП «ТЮКОН» и индустриальной ППУ-изоляции

ей по сравнению с трубами в ППУ-изоляции без наружной антикоррозионной защиты, определение возможности нанесения МПП «ТЮКОН» на стыки в процессе строительно-монтажных работ, определение величины увеличения продолжительности выполнения строительно-монтажных работ и их стоимости. Общий вывод о целесообразности и эффективности применения в тепловых сетях стальных труб и фасонных изделий с наружным МПП «ТЮКОН» под тепловой изоляцией из пенополиуретана с защитной оболочкой.

Применение и использование результатов работы

Результаты проведенных исследований будут рассматриваться на заседании технического совета АО «Газпром теплоэнерго». В случае положительного решения будут проведены опытно – конструкторские работы в рамках постановки продукции в производство, а также для разработки приспособлений для монтажа труб с наружным МПП «ТЮКОН» под тепловой изоляцией из пенополиуретана с защитной оболочкой. После этого будет рекомендовано применение стальных труб и фасонных изделий МПП «ТЮКОН» под тепловой изоляцией из пенополиуретана с защитной оболочкой

на объектах АО «Газпром теплоэнерго», а также на объектах ДЗО АО «Газпром теплоэнерго».

Область применения

Результаты работ будут использованы заказчиком в качестве методики монтажа и ремонта труб с наружным МПП «ТЮКОН» покрытием под ППУ-изоляцией в заводском исполнении, а также необходимых для монтажа и ремонта приспособлений.

Работа в АО «Газпром теплоэнерго» проводится впервые. Новизна работы заключается в получении новых научных знаний о целесообразности и эффективности нанесения антикоррозионного МПП «ТЮКОН» на наружную поверхности стальных трубопроводов тепловых сетей с учетом его технических характеристик и различных условий эксплуатации, основанных на результатах натурных испытаний и технико-экономических критериях эффективности, определенных по разработанным методикам. По результатам проведенного мониторинга представленных объектов после 2-х лет эксплуатации можно сделать следующие выводы.

1. При проведении визуального и инструментального контроля объекта ООО «Петербургтеплоэнерго» (г. Санкт-Петербург)



Трубы с наружным антикоррозионным покрытием МПП

/ Pipes with external anti-corrosion coating MPP



Трубы с наружным антикоррозионным покрытием МПП под ППУ-изоляцией

/ Pipes with external anti-corrosion coating MPP under PPU insulation

Рис. 9. Стальные трубы с антикоррозионным МПП

Fig. 9. Steel pipes with anticorrosive MPP

бург г. Зеленогорск, ул. Ленина, д.16 ТК-3), где расположены опытные образцы труб с наружным антикоррозионным МПП «ТЮКОН» под ППУ-изоляцией структурных изменений, влияющих на характеристики наружной поверхности трубопровода, не обнаружено. Результаты мониторинга подтверждают заявленные физико-химические характеристики минерально-полимерного покрытия.

2. В целом состояние МПП на объектах ООО «Петербургтеплоэнерго» после года работы в эксплуатационном режиме оценивается как удовлетворительное.

3. Предлагаемая компанией ООО «СУ-87», технология антикоррозионной защиты и восстановления деаэраторов и наружной поверхности стальных труб в тепловых камерах позволяет на длительный срок продлить их эксплуатацию.

Также, в соответствии с программой испытаний в рамках НИОКР, завершились исследования по определению целесообразности и эффективности применения в тепловых сетях стальных труб и фасонных изделий с наружным минерально-полимерным покрытием «ТЮКОН» под тепловой изоляцией из пенополиуретана с защитной оболочкой со сроком службы 50 и более лет. Испытания проводила испытательная лаборатория ООО «КАРТЭК» (Ассоциации разработчиков и производителей средств противокоррозионной защиты для топливно-энергетического комплекса России). По результатам испытаний МПП «ТЮКОН» может эксплуатироваться в условиях теплоснабжения на протяжении 50 лет, причем, как само защитное покрытие ТЮКОН, так и система «стальная труба – слой МПП «ТЮКОН» – слой ППУ теплоизоляции».

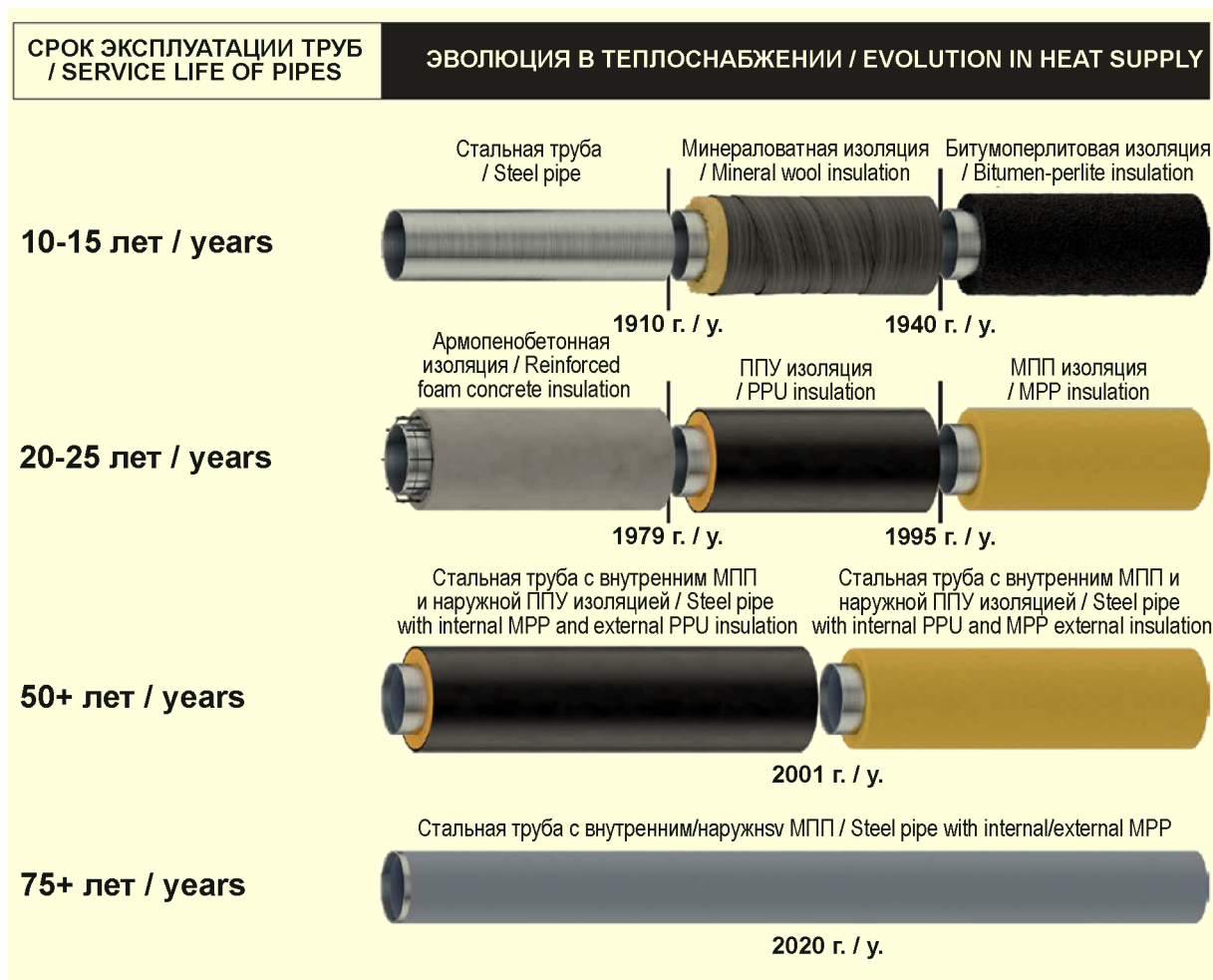


Рис. 10. Эволюция в теплоснабжении

Fig. 10. Evolution in heat supply

Основные преимущества МПП покрытия и их обоснование

Как показали испытания и многолетний опыт применения МПП на объектах теплоснабжения, на сегодняшний день преимущества МПП перед ЛКП в этом направлении неоспоримы, особенно внутреннего покрытия трубопроводов тепловых сетей. МПП имеет сертификат на применение в качестве антикоррозионного покрытия для защиты металлических изделий и сооружений, емкостей и другого оборудования в практике централизованного холодного и горячего хозяйственно-питьевого водоснабжения отвечающих единым санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям и работающих в диапазоне от -40...+180 °С.

Основные преимущества МПП

1. Высокая прочность и износостойкость.

Минерально-полимерное покрытие содержит до 70...80% различных минеральных составляющих, которые формируют жесткую структуру материала. Полимерная составляющая связывает частицы, обеспечивая устойчивость к механическим нагрузкам. Благодаря высокой плотности (1800...2100 кг/м³) материал имеет адгезионную прочность от 1,0...9,0 МПа.

2. Водно- и влагостойкость.

МПП практически не впитывает воду, это достигается за счет отсутствия в составе гигроскопичных компонентов и плотной структуры, в котором полимерная составляющая блокирует доступ влаги. Такие свойства позволяют использовать МПП в различных областях и средах без риска деформации или отслоения.

3. Устойчивость к температурным перепадам.

Коэффициент линейного теплового расширения МПП соответствует аналогичному показателю по стали, причем никаких трещин на нем не образуется.

4. Долговечность и экологичность.

Срок службы МПП достигает 20...35 лет благодаря устойчивости к УФ-излучению, химическим веществам и микроорганизмам. В составе отсутствуют токсичные компоненты (формальдегид, фенолы), а полимеры используются в первичной форме, что соответ-

ствует классу экологичности Е0/Е1. Минеральные наполнители (например, карбонат кальция) также безопасны для здоровья.

5. Простота монтажа и ремонта.

Нанесение окрасочного состава может осуществляться вручную (с применением кистей или валиков), пневматическим или безвоздушным распылением. Ремонт дефектных мест (отслоений, вздутий, подтеков, непрокрашенных мест) покрытия исправляют следующим образом: дефектные участки покрытия удаляют, зашкуривают, обезжиривают растворителем и сушат. На дефектное место наносят рабочие покрытия при помощи кисти по полной технологии.

6. Пожаробезопасность.

Материал относится к группе горючести Г1 по ГОСТ 30244-94 (слабогорючий), группа воспламеняемости В1 по ГОСТ 30402-96 (трудновоспламеняемый) группа распространения пламени РП 1 по ГОСТ Р 51032-97 (нераспространяющий).

Заключение

Преимущества МПП достигаются за счет уникальной комбинации минеральных наполнителей и полимерной составляющей. Минеральные наполнители обеспечивают прочность и стабильность, а полимеры – гибкость, влагостойкость и долговечность. Эти свойства делают материал универсальным для коррозионной защиты внутренней/наружной поверхности стальных и железобетонных оснований превосходя традиционные решения по многим параметрам.

В связи с вышеизложенным, мы готовы к всестороннему и долгосрочному сотрудничеству с подрядными и управляющими компаниями работающих в сфере ЖКХ. Наш опыт и качества наших покрытий позволит Вам расширить сферу Вашей деятельности и обеспечить возможность продвижения на рынке ЖКХ. Компания приглашает все заинтересованные организации к сотрудничеству в создании производства предизолированных труб для теплоснабжения.

Литература

1. Кашеев В., Поляков В. Повышение надежности и долговечности трубопроводов тепловых сетей // Коммунальный комплекс



России. – 2022. – № 1 (211). – С. 38-41.

2. Трубопровод. РФ. Все о прокладке трубопроводов и инженерных коммуникаций в России. <http://трубопровод.рф/статьи/все/трубопроводы-прокладка-трубопроводов/>

3. Павел Завальный. Проблемы теплоснабжения имеют глубокие исторические корни. <http://komitet-energo.duma.gov.ru/novosti/5f76f914-ba3f-4bcc-8db7-b76049a17744> (Дата публикации 10.01.2024 г.)

4. Злобин В.Н. Минерально-полимерные покрытия для защиты трубопроводов // Коммунальный комплекс России. – 2017. – № 6 (156). – С. 44-46.

5. Балабан-Ирменин Ю.В., Липовских В.М., Рубашов А.М. Защита от внутренней коррозии трубопроводов водяных тепловых сетей. – М.: Издательство «Новости теплоснабжения», 2008. – 288 с.

6. Москалёв И.Л., Литвак В.В. Повреждаемость основных узлов сетей теплоснабжения городов российской Федерации // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2015. – Т. 326, № 7. – С. 70-80.

7. Брусов К.Н., Сlepchenok В.С. 15 лет применения технологии коллоидного ингибирования коррозии/отложений веокросол. // Вестник комитета по тарифам Санкт-Петербурга. Комментарии специалистов. – 2008. – № 1. – С. 1-34.

References

1. Kashcheev, V., Polyakov, V. (2022). Im-

proving the reliability and durability of heating network pipelines. *Communal complex of Russia*, (1), 38-41. (in Russ.)

2. Pipeline. RF. All about laying pipelines and utilities in Russia. <http://truboprovod.rf/articles/all/truboprovody-prokatka-truboprovodov-kommunalnoe-khozyaistvo-Rossii>

3. Pavel Zavalny. The problems of heat supply have deep historical roots. <http://komitet-energo.duma.gov.ru/novosti/5f76f914-ba3f-4bcc-8db7-b76049a17744> (Publication date 01.10.2024)

4. Zlobin, V. N. (2017). Mineral-polymer coatings for pipeline protection. *Communal complex of Russia*, (6), 44-46. (in Russ.)

5. Balaban-Irmenin, Yu. V., Lipovskikh, V. M. & Rubashov, A. M. (2008). *Protection against internal corrosion of water heating network pipelines*. Moscow: Publishing house «Novosti Teplosnabzheniya». (in Russ.)

6. Moskalov, I. L., Litvak, V. V. (2015). Damageability of the Main Nodes of Heat Supply Networks in Cities of the Russian Federation. *Bulletin of Tomsk Polytechnic University. Georesources Engineering*, (7), 70-80. (in Russ.)

7. Brusov, K. N., Slepchenok, V. S. (2008). 5 years of application of the technology of colloidal inhibition of corrosion/deposits Veokrosol. *Bulletin of the Committee on Tariffs of St. Petersburg. Comments of specialists*, (1), 1-34. (in Russ.)

Информация об авторах

Злобин Виктор Николаевич, заместитель генерального директора, ООО «Специализированное управление – 87», г. Москва, Российская Федерация

Information about authors

Victor N. Zlobin, Deputy General Director, Limited Liability Company Specialized Management – 87, Moscow, Russian Federation