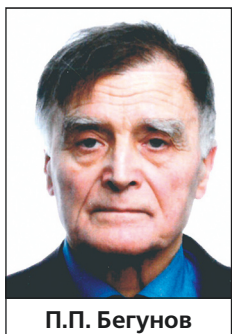


ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕТОД ВОДОПОДГОТОВКИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОБЪЕКТАМ ТРАНСПОРТА



М.Н. Торопов



П.П. Бегунов

Проанализирован разработанный учеными-железнодорожниками энергетический метод водоподготовки (ЭМВ) применительно к объектам транспорта. Приведена укрупненная технико-экономическая оценка его применения на обработанных в 2004–2019 годах объектах теплоснабжения и водоохлаждения ОАО «РЖД» и других отраслей.

Ключевые слова: энергетический метод водоподготовки (ЭМВ), энергент, защитная пленка, скорость коррозии, коррозионность воды

EDN: EMRWID

Экологично справиться с перечисленными в статье [1] задачами в рамках единой технологии на сегодняшний момент под силу только энергетическому методу водоподготовки [2].

Суть метода состоит во вводе в систему одним циклом на срок до семи лет химически нейтральных составов (энергентов), разрешенных для применения в питьевой воде и прошедших активацию в зависимости от состояния объекта (водно-химический режим, коррозионность среды, ее склонность к накипеобразованию, степень износа). Следует отметить, что про-

цесс активации энергента уникален. Практически мы научились регулировать уровень энергии, вводимой в систему.

Проводятся обширные исследования по изучению механизма воздействия энергента на водную среду и отложения. В частности, установлено, что за счет перемещения дислокаций в кристаллической решетке энергента образуется электрическое поле, которое накладывается на двойной электрический слой границ фаз (жидкость — поверхность), меняя направленность физико-химических процессов на границе раздела.

Торопов Михаил Николаевич, кандидат технических наук, заведующий лабораторией кафедры «Электропоезда и локомотивы» Института транспортной техники и систем управления Российского университета транспорта (ИТТСУ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: прочность и надежность конструкций, улучшение качества воды. Автор более 150 научных работ.

Бегунов Пётр Петрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Водоснабжение, водоотведение и гидравлика» Петербургского университета путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС). Область научных интересов: очистка воды, ее обеззараживание через активацию, реконструкция и модернизация сооружений (водоснабжения и канализации), сетей (водоснабжения, канализации и теплоснабжения). Автор более 100 научных работ.

Перков Иван Евгеньевич, технический эксперт АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»). Область научных интересов: энергоэффективность и повышение ресурса объектов водотеплоснабжения железнодорожного транспорта. Автор более 10 научных работ.

Селиванов Александр Сергеевич, старший преподаватель кафедры «Теплоэнергетика железнодорожного транспорта» Института транспортной техники и систем управления Российского университета транспорта (ИТТСУ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: системы тепло- и водоснабжения, водно-химический режим источников теплоты, тепловых сетей, систем теплоснабжения и водоснабжения, водоподготовка. Автор более 30 научных работ.

Васильев Николай Викторович, инженер-теплоэнергетик Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: водоподготовка и применение экологически чистых методов для уменьшения скорости коррозии в морской и пресной воде на затопленных конструкциях. Автор одной научной работы.

В отличие от многих традиционных методов отсутствует залповый выброс разрушенных отложений. После применения ЭМВ они состоят в основном из мелкодисперсных, легкоудаляемых из системы фракций. Это позволяет не останавливать технологический процесс работы любого оборудования во время применения ЭМВ, бережно выводя разрушенные отложения из системы и соблюдая при этом экологические и санитарные требования [3].

На поверхности образуется тонкая и прочная пленка, состоящая из комплексного окисла ряда металлов (рис. 1). Физико-механические свойства ее (в частности, теплопроводность, электропроводность) соответствуют таковым у основного металла. Пленку можно получить и на новом объекте.

Для сравнения на рис. 2 приведен внешний вид объектов до применения ЭМВ.

Метод применим на широком спектре конструкционных материалов: черные и цветные металлы и сплавы, нержавеющие и легированные стали, пластик, керамика, резина и т.д.

Образование пленки при ЭМВ происходит практически сразу под поверхностью накипно-коррозионных отложений (рис. 3). Затем удаляется рыхлый поверхностный слой. Начинается удаление плотного пристеночного слоя. Обнажается уже образовавшаяся защитная пленка. В отличие от пластика или другого

покрытия, не уменьшается проходное сечение трубы, не меняется теплопроводность. Возможно обработать сварные стыки и стенки трубы за один прием [4].

При этом химический состав транспортируемой по системе исходной воды не влияет на получаемый результат — на улучшение качества воды в системе и приведение его в соответствие с санитарно-эпидемиологическими нормами (табл. 1).

Следует иметь ввиду, что максимальные значения параметров используемой воды в некоторых случаях превышали предельно допустимые в 8–10 раз. Максимально зафиксированная скорость коррозии (2,14 мм/год) превышала аварийную скорость коррозии (0,2 мм/год) более чем в 10 раз.

При этом сроки наблюдения за обработанными объектами составляли от 3 до 9 лет. Так, менялась коррозионность воды и внешний вид систем теплоснабжения одного из московских вокзалов в течение 9 лет после ЭМВ (рис. 4).

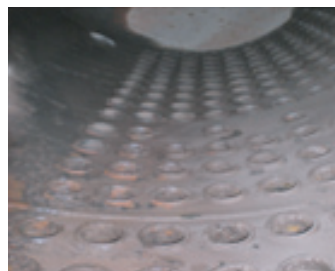
Скорость коррозии от 0,54 мм/год, при явном наличии микробиологической составляющей, в течение двух лет снизилась до 0,062 мм/год; трех лет — до 0,028 мм/год; девяти лет — до 0,0019 мм/год. Динамика содержания железа общего в системе теплоснабжения одного из депо ОАО «РЖД» представлена на рис. 5.

К примеру содержание взвешенных частиц при применении ЭМВ снижалось с 37 мг/л до нуля.

а



б



в



Рис. 1. Состояние водяных трактов котельных через 6–8 месяцев после обработки энергетическим методом:

а – фрагмент нижнего барабана котла через 6 месяцев после обработки (депо Шарья);

б – общий вид верхнего барабана (депо Горький-Московский, ранжирный парк);

в – состояние экономайзера и нижнего барабана котла после обработки (депо Свердловск)

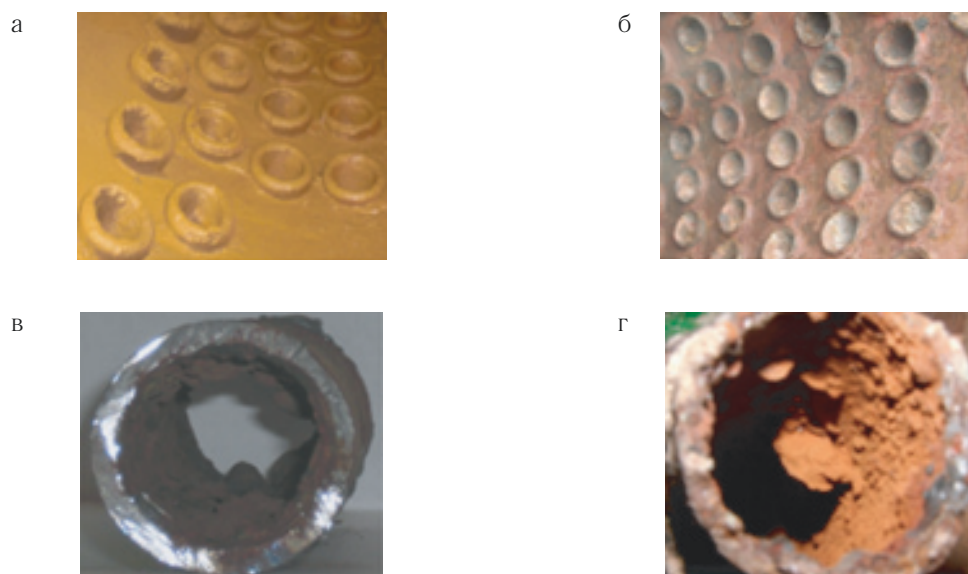


Рис. 2. Состояние внутренних поверхностей барабанов котлов и трубопроводов до ЭМВ: а – депо Новороссийск (толщина отложений – 5 мм); б – депо Шарья (толщина отложений – 2,5 мм); в – участок Горький-Московский (толщина отложений – 3–6 мм); г – депо Москва-3 (толщина отложений – 3–4 мм)



Рис. 3. Этапность технологического процесса обработки системы с толщиной отложений более 3 мм энергетическим методом

Также приведены в соответствии с нормативными документами величины жесткости, щелочности, содержание хлоридов, сульфатов, солесодержание.

Что касается коррозионности используемой воды, то она определялась даже визуально по виду степени прозрачности воды (обычной, осмотической, осмотической с энергентом) с погруженными в нее образцами для замера скорости коррозии. Жидкость была

представлена из систем заправки тепловозов водой в сервисном локомотивном депо Тюмень (рис. 6).

Отчетливо видно, как коррозионно осмотическая вода, применяемая для заправки систем водоохлаждения, тепловозов и как резко уменьшается ее коррозионность после добавления энергента.

В 2005–2006 годах по договору НИОКР ОАО «РЖД» с МГУПС (МИИТ) проводились работы

Таблица 1

**Некоторые физико-химические параметры
обрабатываемой ЭМВ исходной воды (до обработки)**

Солесодержание, мг/л	От 100 до 10500
Жесткость, мг-экв./л	От 0,2 до 11,7
Щелочность, мг-экв./л	От 0,7 до 10,0
Отношение карбонатов к бикарбонатам при pH>8,4, %	От 0 до 20
Содержание железа, мг/л	От 0 до 11,4
Водородный показатель, pH	От 6,2 до 11,0
Скорость коррозии (глубина проникновения), мм/год	От 0,1 до 2,14
Интенсивность накипеобразования, г/м ² в год	От 190 до 2860

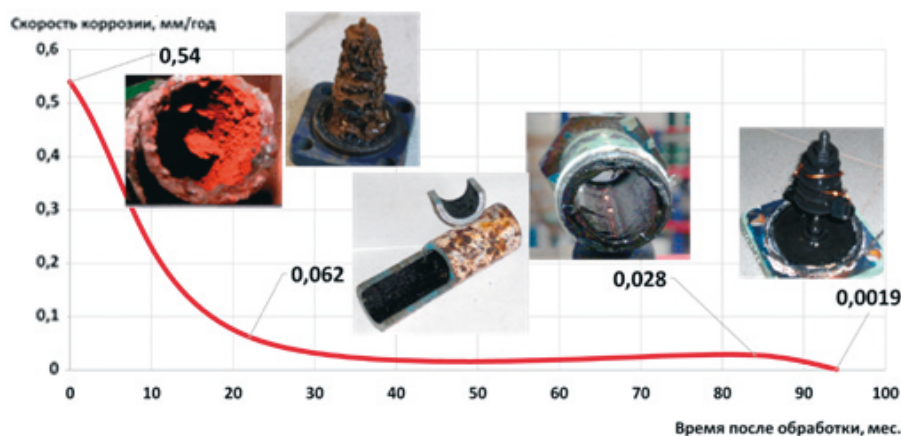


Рис. 4. Динамика изменения внешнего вида элементов тепловой сети и скорости коррозии в ней в результате применения ЭМВ (срок наблюдения 95 месяцев после обработки)



Рис. 5. Изменение содержания железа общего в результате применения ЭМВ



Рис. 6. Сравнительная коррозионность воды: осмотической (1), водопроводной (2) и осмотической с энергентом (3)

по исследованию технологического, экологического и экономического эффектов от применения технологии на объектах стационарной теплоэнергетики, ремонтных предприятиях (системы охлаждения промышленного оборудования) и подвижном составе (системы водотеплоснабжения и калориферные ветви пассажирских вагонов и системы охлаждения дизелей тепловозов). Этому предшествовало разработка и утверждение нормативной документации Минтранса РФ для теплоэнергетики и технического задания на обработку систем водотеплоснабжения и калориферных ветвей пассажирских вагонов с применением ЭМВ.

Получены положительные результаты и заключения ВНИИЖТ и ВНИИЖГ, Росгортехнадзора. В частности, ВНИИЖТ дал положительную оценку технологии в ее сравнении с традиционными методами. Одно из предложений ВНИИЖТа — организация поточной обработки систем водотеплоснабжения пассажирских вагонов на базе ремонтных предприятий.

Тогда же в 2005–2006 гг. проведена эксплуатационная проверка применения метода на системах водоохлаждения дизелей локомотивов приписки депо Люблино Московской железной дороги.

По результатам проведенных работ состоялось расширенное заседание президиума главных инженеров ОАО «РЖД» с целью реализации технологии на системах водотеплоснабжения железнодорожного узла: скважины, пассажирские вагоны и системы заправки их водой, объекты стационарной теплоэнергетики, локомотивы, а также системы водоохлаждения

промышленного оборудования. Совет дал положительную оценку проводимым работам, что послужило поводом для серийного внедрения ЭМВ в отрасли.

Укрупненная технико-экономическая оценка результатов применения ЭМВ на обработанных в 2004–2019 гг. объектах тепловодоснабжения и водоохлаждения ОАО «РЖД» и других отраслях

С 2004 по 2019 гг. обработано более 1000 км тепловых и водопроводных сетей, системы водотеплоснабжения более 40 ремонтных предприятий, более 200 водяных и паровых котлов, систем водотеплоснабжения и калориферных ветвей порядка 1200 пассажирских вагонов внутрироссийского и международного сообщений (рис. 7), системы охлаждения промышленного оборудования, теплоснабжения судов (рис. 8,9).

Обрабатываемые вагоны условно были разбиты на четыре группы. первая группа — срок эксплуатации от 0 до 4 лет; вторая группа — срок эксплуатации от 5 до 12 лет; третья группа — сезонные вагоны; четвертая группа — вагоны типа RIC, в основном фирмы Siemens, системы отопления которых работали на низкотемпературной жидкости.

Для каждой группы предусматривалось выполнение определенных технологических задач. Так, для первой группы — это увеличение ресурса эксплуатации, улучшение качества воды. Для второй группы — увеличение ресурса эксплуатации, улучшение качества воды и уменьшение расхода топливноэнергетического



Рис. 7. Поточная обработка систем водотеплоснабжения пассажирских вагонов в эксплуатационном депо



Рис. 8. Обработка ЭМВ водяного тракта котельной корабля Персей №821439 (26.05.2014 года)



Рис. 9. Изменение состояния водяного тракта котельной судна и некоторых параметров ВХР через 12 месяцев после обработки

ресурса (ТЭР). Для третьей группы — очистка системы водотеплоснабжения от коррозионных и солевых отложений и консервация систем на период отстоя. Для четвертой группы — создание стойкой защитной пленки при работе на низкотемпературной жидкости.

Во всех случаях параметры водно-химического режима (ВХР), коррозионность и интенсивность накипеобразования приведены в соответствие нормативным документам. Значительно снижены скорость коррозии (в 40–280 раз), затраты ТЭР (9–20%), теплоты (10–15%). Значительно продлен ресурс эксплуатации. Также наблюдалось уменьшение выбросов вредных веществ в атмосферу в 1,5–2,5 раза и кратное уменьшение содержания вредных компонентов в сточных водах.

О важности этих факторов свидетельствует утвержденная государственная программа «Охрана окружающей среды на период до 2030 года» [5].

При обработке системы не выводились из эксплуатации. Указанные задачи выполнялись экологично, с улучшением качества воды в рамках соблюдения санитарных норм без нарушения целостности материалов и превышения ПДК в сточных водах в рамках единой технологии. Был достигнут положительный технологический эффект, выраженный:

- в бережной очистке систем, изготовленных из различных материалов (черные и цветные металлы и сплавы, пластик, резина, керамика и т.д.), от соленоскопико-коррозионных и прочих отложений, независимо от их прочностных характеристик и толщины;

- удалении отложений из системы в виде мелкодисперсных фракций (скорость удаления разрушенных отложений из системы задается расчетным путем с целью не забить систему и обеспечить экологическую безопасность потребителя);

- образовании на поверхности металлоконструкций прочной защитной пленки, предотвращающей адгезию разнообразных отложений, электрохимическую коррозию и биокоррозию, а также утечку воды через небольшие свищи;

- отказе от неэкологичной химической водоподготовки, проводимой для защиты конструкций;

- одноразовой обработке, защищающей конструкции от коррозии и отложений в течение не менее 5–7 лет;

- увеличении срока эксплуатации объекта;

При этом температура теплоносителя и его фазовое состояние не влияют на защитные свойства энергента, вводимого в систему.

Максимальный экономический эффект достигается за счет улучшения качества воды в процессе обработки, а именно при уменьшении ее склонности к накипеобразованию и коррозионной активности. Такой водой (без специальных присадок) целесообразно заполнять секции водоохлаждения. Это значительно удешевит технологию содержания водяных секций при получении 100% положительного результата.

Что касается систем охлаждения дизелей локомотивов, в 2006 г. выходит распоряжение Дирекции тяги и бюджетирования (ЦТ) о выделении 15 тепловозов для проведения работ с применением ЭМВ в локомотивном депо Ртищево Юго-Восточной железной

дороги. Но параллельно появляется и обращение ЦТ в Департамент планирования. В нем сравнивались технико-экономические показатели Инкорт 8МЗ и ЭМВ. По мнению авторов, Инкорт 8МЗ работает до жесткости 4 мг-экв./л, а ЭМВ — до 0,6 мг-экв./л. Хотя, как это следует из табл. 1, химический состав воды для ЭМВ не является определяющим, в частности, ЭМВ работает при любой жесткости воды.

И, наконец, сравнивалась цена. Инкорт 8МЗ — 16 тыс. руб. ежегодно на тепловоз, а ЭМВ — 59,7 тыс. руб. Но при этом не указывается на какой срок. А это приведенные затраты на однократную обработку на срок до 7 лет. И получается (табл. 2), что ЭМВ в два раза дешевле Инкорта 8МЗ даже при применении (при необходимости) фильтров-циклонов.

Выводы

1. Разработан и внедрен в отрасли энергетический метод водоподготовки, позволяющий проводить экологичную энергоэффективную антикоррозионную и антиадгезионную обработку конструкций систем водотеплоснабжения и водоохлаждения с приведением качества воды в соответствие с нормативными документами.

2. В рамках единой технологии осуществляется одноразовая обработка на срок 5–7 лет без выведения систем из эксплуатации.

3. Метод применим для любых конструкционных материалов, различных теплоносителей и охладителей, открытых и закрытых систем при проведении эксплуатационного сопровождения объекта, а также при депоковом и капитальном ремонтах. 

Таблица 2

Сравнительные технико-экономические данные применения Инкорт 8МЗ и ЭМВ

Метод	Периодичность применения	Максимально возможная жесткость воды без умягчения	Взаимодействие с конструкционными материалами	Годовые затраты на применение, руб.
Инкорт 8МЗ	Ежегодно	До 4 мг-экв/л	Взаимодействует	16000
Энергетический метод	Один раз в 5–7 лет	Более 9 мг-экв/л	Инертен	7860/6860*

*В числителе указаны годовые затраты с применением фильтров-циклонов, в знаменателе — без них.

Литература

1. Торопов, М.Н. Так ли безопасны ингибиторные комплексы для систем водоохлаждения дизелей тепловозов? / М.Н. Торопов, А.С. Селиванов, Н.В. Васильев, П.П. Бегунов, И.Е. Перков. — Текст: непосредственный // Наука и техника транспорта. — 2022. — № 1. — С. 11–18.
2. Некоторые технико-экономические аспекты применения энергетического метода водоподготовки в системах водотеплоснабжения / М.Н. Торопов, П.П. Бегунов, А.С. Селиванов, Н.В. Васильев, И.Е. Перков. — Текст: электронный // Инженерные системы — АВОК Северо-Запад. — 2021. — № 1.
3. Торопов, М.Н. Комплексный подход к приведению качества питьевой и технической воды в соответствие санитарно-эпидемиологическим нормам / М.Н. Торопов. — Текст: непосредственный. Сантехника, отопление кондиционирование. — 2006. — № 7. — С. 32–34.
4. Продоус, О.А. Гидравлический потенциал стальных и чугунных металлополимерных труб для систем водоснабжения / О.А. Продоус, В.В. Ивашенко. — Текст: электронный // Инженерные системы — АВОК Северо-Запад. — 2019. — № 3. — С. 60–62.
5. Коваленко, А.В. Экологические приоритеты котельного оборудования в России. Реальность и перспективы / А.В. Коваленко, Д.А. Шкапов, Е.Л. Палей. — Текст: электронный // Инженерные системы — АВОК Северо-Запад. — 2019. — № 4. — С. 40–47.