

## ОБ УНИВЕРСАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЛЕЧЕНИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ВОДОСОДЕРЖАЩИМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ



**МИХАИЛ НИКОЛАЕВИЧ ТОРОПОВ**  
Кандидат технических наук,  
заведующий лабораторией кафедры  
«Электропоезда и локомотивы»  
Российского университета  
транспорта (РУТ МИИТ).  
Специалист в области прочности  
и надежности конструкций  
и улучшения качества воды.  
Работал в НИИ  
«Промстальконструкция» МВТУ,  
МИИТе (доцент, начальник  
отдела НИР МИИТа. С 2018 года —  
заведующий лабораторией  
кафедры «Электропоезда  
и локомотивы»). Разработчик  
технологии водоподготовки,  
отмеченной золотой медалью  
и дипломами международных  
выставок. Руководитель более чем  
60 исследовательских и внедренческих  
работ по этому направлению.  
Котельные, тепловые сети,  
водопроводы, системы водотеп-  
лоснабжения и кондиционирования  
пассажирских вагонов. С 2018 года —  
внедрение технологии на системах  
водоохлаждения локомотивов.  
Автор более чем 190 научных статей.  
Разработчик целевых программ  
(региональной и Союзного государства  
России и Беларуси) по защите  
от износа деталей и узлов техники.

*М. Н. Торопов, заведующий лабораторией кафедры  
«Электропоезда и локомотивы» Российского  
университета транспорта (РУТ МИИТ)*

*Н. В. Васильев, инженер Российского университета  
транспорта (РУТ МИИТ)*

*А. С. Селиванов, старший преподаватель кафедры  
«Теплоэнергетика железнодорожного транспорта»  
Российского университета транспорта (РУТ МИИТ)*

**Статья является развитием статьи «Методы повышения энергоэффективности и безопасности работы децентрализованных систем теплоснабжения при эксплуатации», опубликованной в первом номере журнала «Инженерные системы» за 2023 год.**

Более 20 лет специалисты МИИТ, ныне РУТ (МИИТ), в инициативном порядке занимаются вопросами продления ресурса мобильных и стационарных теплоэнергетических систем за счет очистки и защиты теплопередающих поверхностей от коррозионных и накипных отложений, применяя энергетический метод водоподготовки (ЭМВ).

Термин «энергетический метод» возник из-за использования в качестве рабочего тела механоактивированного минерала(ов). Такой продукт обладает повышенной энергией Гибса, поэтому мы его назвали «энергент». При введении энергента в систему в ней меняются условия протекания естественных природных механизмов, работающих на границе раздела фаз. Изменения влияют на направление процесса осаждения в двойном электрическом слое на границе раздела фаз, усиливается процесс разрыхления отложений, постепенно снижается адгезия между конструкционными материалами

и коррозионно-накипными отложениями благодаря образующемуся на материале защитному слою с низкой адгезией к отложениям. Из частиц разрушаемых отложений в потоке теплоносителя создаются новые крупные центры коагуляции. Происходит связывание свободного кислорода в воде за счет окисления низших окислов железа до магнетита. Осевший на конструкциях энергент прекращает процессы биокоррозии и биообрастания. К особо интересным свойствам относятся: обеспечение долговременного авторегулирования водородного числа (pH), снижение жесткости воды, затягивание мелких течей.

Эти и другие свойства энергента обнаружили в процессе попыток объяснить получаемые результаты, что и привело к технологии водоподготовки, минимизирующей затраты человеческих ресурсов, надежной и удобной в эксплуатации. Для отработки использовали объекты МПС, РЖД/Минтранса (водяные тракты котельных, цеховые сети

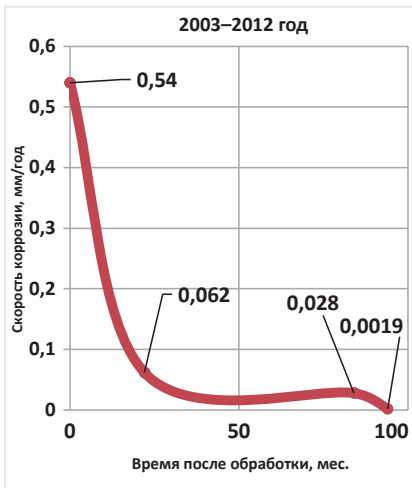


Рис. 1. График изменения скорости коррозии на примере тепловых сетей Павелецкого вокзала. Период наблюдения — более восьми лет (2003–2012 гг.). Уменьшение скорости коррозии — в 285 раз

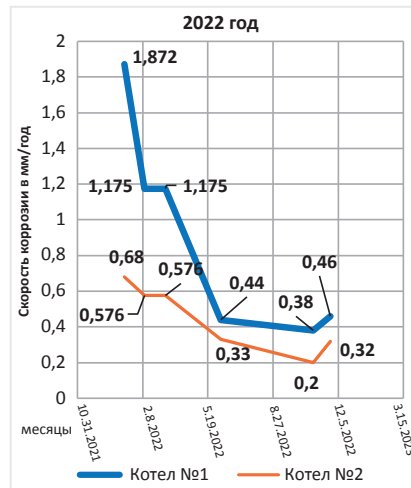


Рис. 2. График изменения скорости коррозии на двух паровых котлах фирмы BUSTER марки NBQ 1500GD в котельной (топливо — природный газ) за период с января по декабрь 2022 года



**НИКОЛАЙ ВИКТОРОВИЧ ВАСИЛЬЕВ**  
Инженер Российского университета транспорта (РУТ МИИТ).  
Специалист в области водоподготовки и применения экологически чистых методов для уменьшения скорости коррозии в морской и пресной воде на затопленных конструкциях. Последние результаты работ докладывались на конференциях МСОИ РАН в 2017 и 2019 годах. Автор более 20 опубликованных научных работ.

тепло- и водоснабжения, системы охлаждения тепловозов, компрессоров, системы отопления и водоснабжения пассажирских вагонов, вокзалов и жилых зданий), а также водоохлаждаемое промышленное оборудование, теплые полы зданий.

В ЭМВ применяются химически инертные механоактивированные [1] минералы с определенными физическими и энергетическими характеристиками. Используемые в ЭМВ вещества разрешены для подготовки питьевой воды.

В разных по назначению тепловых системах и при разных температурных диапазонах наблюдается идентичность и стабильность процессов. Примерами сказанному могут служить результаты сравнения графиков «снижения скорости коррозии» при использовании ЭМВ в тепловых сетях и паровых котлах (рис. 1, 2). В данном случае это котел BUSTER марки NBQ 1500GD, топливо — газ. На эффективность

ЭМВ по снижению скорости коррозии (рис. 2) мало влияет даже завышенный, по сравнению с расчетным, суммарный расход теплоносителя от постоянных и периодических продувок (рис. 3).

Понятно, что увеличенное потребление умягченной воды из автоматической системы водоподготовки и питательной воды обычно вызывает усиление коррозионных процессов труб экрана упомянутого котла и во всех частях парового и конденсатного тракта [2].

В процессе эксплуатации котла владельцем применялся коагулянт К, предназначенный для поддержания pH котловой воды в диапазоне 10,5–11,8 и защиты внутренних водопаровых трактов системы от коррозии за счет создания на стенках защитной пленки из магнетита.

Наша технология показала полную совместимость с применением коагулянта К даже при суммарном семикратном (в два этапа в 3,5 и

в 2 раза) увеличении дозировки коагулянта К. На рис. 4 продемонстрирована компенсация энергетом скачка параметров котловой и питательной воды при последнем двойном увеличении дозировки коагулянта К.

ЭМВ позволяет устранить еще одну проблему — биокоррозию [3] в системах водяного охлаждения двигателей. Обычно рекомендуемая температура охлаждающей жидкости (ОЖ) плюс 75–85 °С. При учете реальности эксплуатации тепловозных дизелей вода и водосодержащие ОЖ с низкой температурой замерзания являются средой обитания железобактерий. Использование ЭМВ в качестве профилактических мер позволяет перевести эти бактерии в споры с последующим разрушением образованных ими построек и разрушением накипных отложений. При этом происходит окисление окислов железа до магнетита.

Накопленный опыт по результатам применения ЭМВ позволяет нам даже при недостатке первичной информации о составе и состоянии нового объекта работать, используя осредненные статистические данные. Мы убедились на практике, что наличие

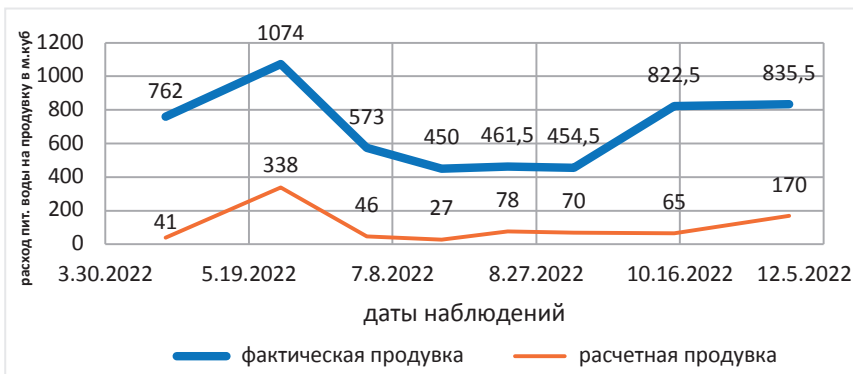


Рис. 3. График сравнения фактического и расчетного объемов продувки (постоянная + периодическая) для котла № 1 за период март-ноябрь



**АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВИЧ СЕЛИВАНОВ**  
 Старший преподаватель кафедры «Теплоэнергетика железнодорожного транспорта» Российского университета транспорта (РУТ МИИТ).  
 Сфера научных интересов: системы тепло- и водоснабжения, водно-химический режим источников теплоты, тепловых сетей, систем теплотребления и водоснабжения, водоподготовка. Автор более чем 50 научных и учебно-методических работ.

существенного расхождения результатов между статистикой и фактическим замером заставляет начать искать причину расхождения и устранить ее, позволяет обнаружить несанкционированные или излишне произведенные потери теплоносителя или топлива.

Учитывая большие водные ресурсы нашей страны и большие потери металла от коррозии в морской и пресной воде, с 2016 года начаты лабораторные опыты по замедлению коррозии методом ЭМВ [4, 5]. Результаты показали снижение скорости коррозии в морской воде с энергентом на 26%, а в дистиллированной воде с энергентом — уменьшение на 47%. График (рис. 5) демонстрирует возможности регулирования pH изменением содержания энергента (Сэ) для быстрого регулирования скорости коррозии без применения химреагентов [5].

В настоящее время продолжают совместные работы с Институтом океанологии им. П. П. Ширшова РАН по биообрастанию и биокоррозии в морской воде. Сейчас обрабатываются материалы, полученные в период экспедиции в Карское море в сентябре-октябре 2022 года.

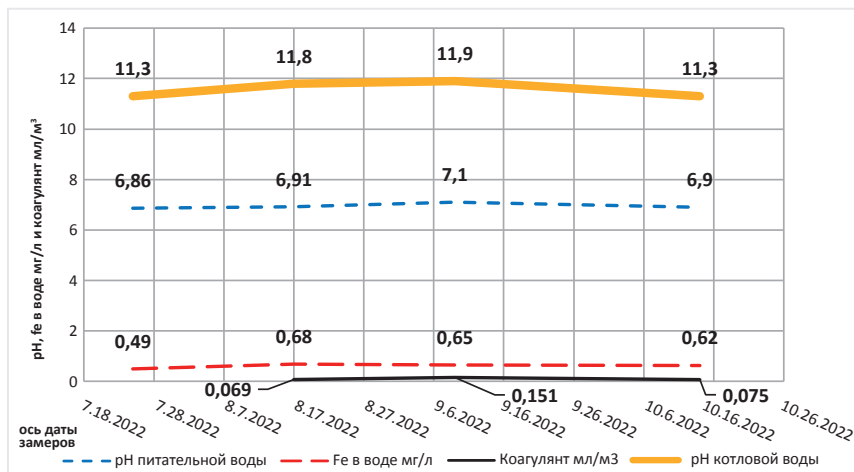


Рис. 4. Компенсация энергентом скачка параметров котловой и питательной воды при двойном увеличении дозировки коагулянта К в период с 17.08 по 14.10 2022 года

Выражаем благодарность Е. Л. Палею, к. т. н., генеральному директору ООО «ПКБ «Теплоэнергетика», П. П. Бегунову, доценту кафедры «Водоснабжение, водоотведение и гидравлика» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, В. Ю. Савинову, инженеру Российского университета транспорта (РУТ МИИТ), обеспечившим возможность проведения внепланового эксперимента.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. В. В. Болдырев. Механохимия и механическая активация твердых веществ / Успехи химии 75(3) 2006. Российская академия наук. Институт органической химии им. Н. Д. Зелинского. УДК53.091. С. 203–216.
2. Рекомендации к организации системы планово-предупредительных ремонтов паровой котельной на производстве (booster-rus.ru) <https://booster-rus.ru/vazhnoe/rekomendaczii-k-organizaczii-sistemy-planovo-predupreditelnyh-remontov-parovoj-kotelnoj-na-proizvodstve/?ysclid=ledbgjrhpl795006442>

3. Торопов М. Н., Селиванов А. С., Перков И. Е., Васильев Н. В. / Взаимосвязь экологичности, безопасности и энергоэффективности при использовании ЭМВ в системах водотеплоснабжения / Инженерные системы 1/2022. ISSN 1609-3851. С. 32–43.

4. Васильев Н. В. Метод снижения скорости коррозии и образования отложений в морской и пресной воде // Современные методы и средства океанологических исследований: Материалы XV Всероссийской научно-технической конференции «МСОИ2017». Том 2. М., 2017. С. 155–157.

5. Васильев Н. В., Торопов М. Н., Селиванов А. С. Проверка метода снижения скорости коррозии в морской и пресной воде в застойных зонах затопленных конструкций // Современные методы и средства океанологических исследований («МСОИ 2021»): Материалы XVII Международной научно-технической конференции. Том 2. М., Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, 2021. 278 с.

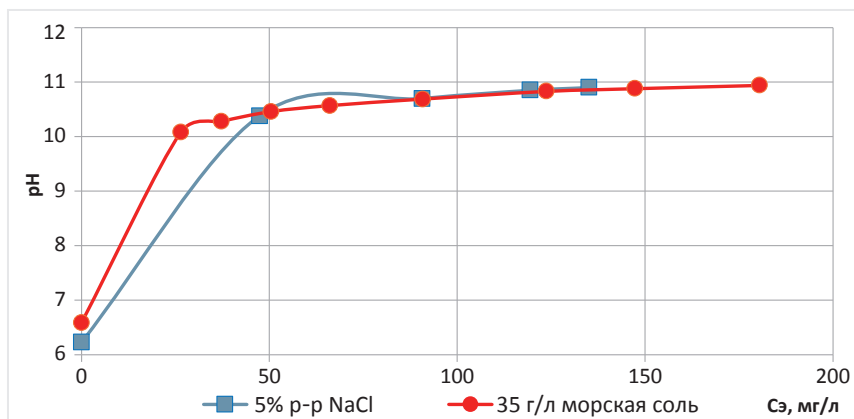


Рис. 5. График регулирования pH для слабых растворов