

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА И НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ВОДОТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ ЭКОЛОГИЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОПОДГОТОВКИ

Представлен материал по применению энергетического метода водоподготовки (ЭМВ) на системах водотеплоснабжения порядка 1200 пассажирских вагонов внутрироссийского и международного сообщений производства России и фирмы Siemens (Германия) при разных сроках их эксплуатации; различных теплоносителях и поставленных задачах обработки.

Ключевые слова: система водотеплоснабжения, накипно-коррозионные отложения, перерасход топливно-энергетических ресурсов (ТЭР)

EDN: XFZZP



М.Н. Торопов



И.Е. Перков

Системы водотеплоснабжения обеспечивают поддержание параметров микроклимата в пассажирском вагоне и потребности в горячей и холодной воде. При этом качество воды должно соответствовать требованиям санитарно-эпидемиологических нормативных документов.

Некоторые технологические особенности систем водотеплоснабжения пассажирских вагонов

Конструкция систем отопления вагонов в основном водяная, с водогрейным котлом объемом около

0,8 м³. Нагрев воды комбинированный: с применением твердого топлива и электроэнергии. Часто в качестве теплоносителя используются низкотемпературная жидкость марки 40 по ГОСТ159-52.

Система водоснабжения самотечная общим объемом 0,95–1,20 м³, включает в себя два сообщающихся между собой бака холодной воды, смывные баки, распределительные трубопроводы различных диаметров и запорно-регулирующую арматуру.

В условиях эксплуатации на поверхностях, контактирующих с жидкостью, возникают накипно-коррозионные отложения, в некоторых случаях толщиной

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 170 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 теплопотребления и водоснабжения, водоподготовка. Автор более 50 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 более 10 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 110 научных работ.

более 10 мм (рис. 1). Это значительно уменьшает теплоотдачу трубопроводов и оборудования, способствует перерасходу ТЭР, значительно ухудшает качество воды. В 60–70% случаев это происходит за счет вторичного загрязнения воды накипно-коррозионными отложениями.

Основные причины увеличения затрат при ремонте и эксплуатации систем водотеплоснабжения пассажирских вагонов, а также методы и затраты на их устранение приведены в табл. 1.

Масштаб проблемы можно представить, обратившись к данным годового отчета АО «ФПК» за 2020 г. (табл. 2).

Конструкция разводящих и отопительных ветвей на одном пассажирском вагоне включает в себя более 200 м трубопроводов, что для всего парка составляет порядка 4000 км. Принимая средний износ вагонного парка 55,5% приходим к выводу, что около 2000 км отопительных систем находятся если не в аварийном, то в предаварийном состоянии и требуют работ по их замене или ремонту. И это только отопление.

Создание инновационных вагонов не исключает рассматриваемую проблему, а зачастую еще более усложняет ее. Так, например, использование пурифайеров в вагонах модельного ряда «Вагон 2019», в какой-то мере решает проблему качества питьевой воды для пассажира, но значительно удорожает ее стоимость, вводит дополнительные операции по обслуживанию дорогостоящего оборудования, требует закупки расходных материалов, таких как амальгамные ультрафиолетовые лампы высокой мощности и электронные пускорегулирующие аппараты (ЭПРА) для их розжига с дальнейшей их утилизацией. Это также требует постоянного расхода электроэнергии.

При этом система водоснабжения не только остается, но конструктивно значительно усложняется.

Концепция двухэтажных вагонов в рамках проекта «Вагон 2020», также подразумевает использование пурифайеров, плюс к этому душевая кабина в каждом вагоне. Система водоснабжения усложняется, появляются дополнительные нагревательные элементы, а также емкости для утилизации отработанной воды. Остаются прежние проблемы: коррозия элементов системы и накипно-коррозионные отложения на ее внутренней поверхности.

Взаимосвязь коррозионной агрессивности и интенсивности накипеобразования воды, заправляемой в системы водотеплоснабжения, с технологическими параметрами их эксплуатации

Для определения взаимосвязи качества воды с технологическими параметрами систем (таких как скорость коррозии, перерасход ТЭР) проводились исследования качества воды в пунктах заправки вагонов на обширных территориях (рис. 2).

Было выявлено, что на территории РФ, на которой осуществляется железнодорожное пассажирское сообщение, существует семь из девяти возможных классов воды.

Вода обладает характерными для каждого из ее классов особенностями. Данный момент был учтен при разработке технологии обработки.

Была оценена интенсивность накипеобразования при нагревании воды взятой из заправочных гидрантов целого ряда железнодорожных станций, таких как Архангельск, Вологда, Воркута, Киров, депо Москва 3 и др. Также оценен индекс стабильности воды j , харак-

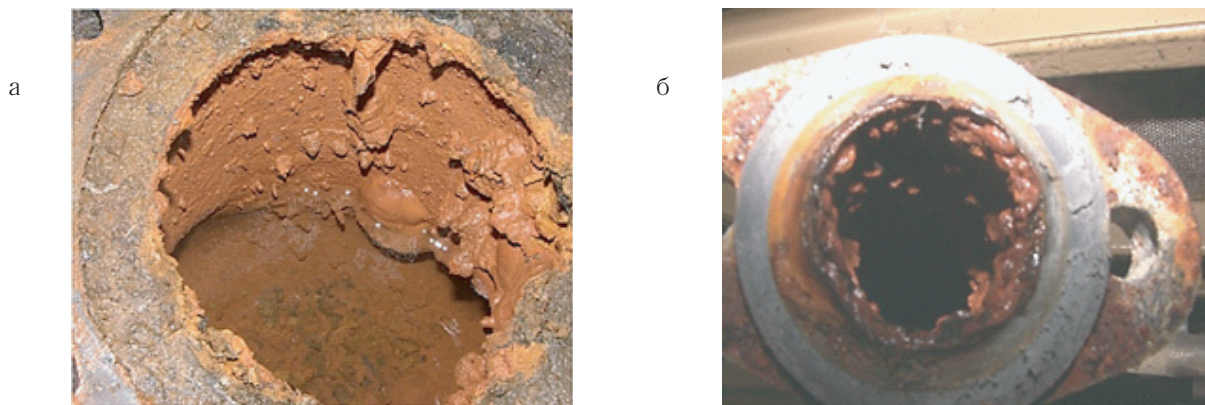


Рис. 1. Накипно-коррозионные отложения на внутренних поверхностях трубопроводов водоснабжения пассажирского железнодорожного комплекса: а – система заправки вагонов водой; б – система холодного водоснабжения пассажирского вагона

Таблица 1

**Основные причины увеличения затрат при ремонте
и эксплуатации систем водотеплоснабжения**

№ п/п	Статьи	Причина	Значения скорости коррозии и содержание железа и взвесей в воде		Методы и затраты на ликвидацию проблемы	Примечания
			Фактические значения	Критические значения, ПДК		
1	Низкий ресурс эксплуатации систем	Высокая коррозионная агрессивность среды. Высокие жесткость, щелочность, солесодержание воды, в том числе и технической	0,26 мм/год	0,2 мм/год (аварийная скорость коррозии)	1. Полная замена систем. 1,0–1,2 млн руб./вагон. 1. Капитальный и деповской ремонты систем. 30–32 тыс руб./вагон. 1. Различные методы антикоррозионной обработки. 6–70 тыс.руб/м ³ · год	1. Трубы меняют при 30% износе. 2. Указанные методы не решают проблему, так как не уменьшают коррозионности среды. 3. Чем «хуже» техническая вода, тем больше затраты на ремонт и удорожание конструкций
2	Перерасход ТЭР	Низкая теплопередача поверхностей конструкций. Высокая интенсивность накипеобразования воды.	10–30% при толщине отложений 0,4–3,9 мм	—	Целая гамма технологий временного устранения отложений. 6–70 тыс.руб/м ³ · год	1. Указанные методы не решают проблему, так как не уменьшают интенсивности накипеобразования водной среды
3	Низкое качество воды (содержание железа, взвесей)	Смешение воды из разных пунктов экипировки и ее вторичное загрязнение	Железо: 0,4–0,9 мг/л Взвеси: 1,6–4,8 мг/л	Железо (ПДК) — 0,3 мг/л Взвеси (ПДК) — 1,5 мг/л	Водоподготовка в пунктах экипировки водой. При ее средней стоимости 100 руб/м ³ и потреблении воды 830 м ³ /год · вагон — 83 тыс. руб./вагон	1. Порой даже кипячение не спасает от избытка железа. 2. Водоподготовка для системы отопления не проводится.

теризующий уровень ее коррозионной агрессивности в тех же пунктах.

Полученные результаты сравнивались со скоростью коррозии и перерасходом электроэнергии на пассажирском подвижном составе регулярно и длительное время курсирующем по направлениям: Москва–Воркута; Москва–Архангельск), а также Москва–Улан-Батор (рис. 3,4).

Установлено, что коррозионность воды и интенсивность накипеобразования в конечном итоге определяют перерасход ТЭР на отопление вагонов и ресурс эксплуатации систем.

Так на условном Восточном направлении перерасход электроэнергии составил 10,6% за срок наблюдения 4 года, а на Северном 29,7% за тот же срок.

При этом скорость коррозии металла в системах водотеплоснабжения вагонов также больше на Северном направлении, что определяет и большие затраты на ремонт указанных систем.

Разработка технологии повышения ресурса системы водотеплоснабжения пассажирского вагона

В течение 2004–2013 гг. (см. рис. 2) в пассажирском комплексе проведены широкомасштабные испытания ЭМВ [1;2]. Метод позволяет решить проблему повышения ресурса эксплуатации систем водотеплоснабжения за счет кратного снижения скорости коррозии и интенсивности накипеобразования в трубопроводах и оборудовании. Кроме того, в результате

Таблица 2

Структура вагонного парка в 2020 г., ед.

Тип вагона	Характеристика вагона	Парк 31.12.2020	Средний возраст 31.12.2020, лет	Средний износ, %
Люкс	Купейный (купе с индивидуальным душевым модулем, умывальником и туалетной кабиной)	114	13,2	46,2
СВ	СВ (двухместное купе)	499	14,6	50,0
РИЦ	Купейный, европейского габарита	267	11,9	37,2
МИКСТ	Вагон с купе типа люкс и СВ	13	8	20,6
К	Купейный (4-местное купе)	7 576	18,9	64,3
П	Плацкартный	6 569	14,9	44,4
С	Межобластной	637	15,1	53,0
Б	Багажный	166	21,9	79,9
ВР	Вагон-ресторан	714	27	72,1
Прочие	Электростанции и служебно-технические вагоны	41	22,2	64,2
Итого		16 596	17,3	55,5



Рис. 2. Основные направления движения пассажирских вагонов, системы водотеплоснабжения которых обработаны с применением ЭМВ

применения ЭМВ обеспечивается прямое воздействие на водную среду с приведением ее качества в соответствие с нормативными значениями. При этом обработанная конструкция длительное время сохраняет свой защитный потенциал. Особенно это важно для питьевого контура.

Испытанию технологии на реальных объектах предшествовало утверждение в ЦЛ ОАО «РЖД» «Технического задания на внедрение технологии по удалению накипи, продуктов коррозии и отложений с защитой от их дальнейшего образования, с улучшением качества воды в системах тепловодоснабжения

пассажирского вагона». Техническое задание согласовано с ВНИИЖТ, ВНИИЖГ (Роспотребнадзор) ПКБ ЦЛ, Вагонреммаш, пожарной службой и санитарными врачами.

На его основании с применением ЭМВ обработаны системы водотеплоснабжения двух вагонов из состава поезда Москва—Воркута (№№ 11910 и 25429). По результатам применения метода получены положительные заключения ВНИИЖТ и ВНИИЖГ.

В частности, Роспотребнадзор разрешил применение технологии и на питьевом контуре, о чем говорят данные химического анализа до и после обработки

систем водотеплоснабжения с применением ЭМВ (рис. 5).

Кроме того, проведенные микробиологические исследования доказали бактерицидное действие состава, что подтверждалось неоднократно.

После проведения обработки системы очистились от отложений. Причем срок службы котлов и трубопроводов был 13–15 лет, отложения в трубопроводах 6–12 мм, а в котлах – 3...4 мм. Все поверхности трубопроводов и оборудования, контактирующие с водой, покрылись защитной пленкой.

По результатам выполненных работ в ОАО «РЖД» утверждена «Технологическая инструкция по применению комплексного подхода к проблеме водотеплоснабжения пассажирских вагонов в условиях пассажирских вагонных депо».

Была разработана методика определения сравнительного расхода электроэнергии. Поэтому допол-

нительно к Технологической инструкции утверждена «Схема подключения приборов контроля времени наработки к системе электрооборудования пассажирских вагонов 7 модификаций (ГДР, Хартрон-Экспресс, АО «Латво», ЗАО «Кросна-Электра», ПАО «Днепровагонремстрой», ООО НПЦ «Экспресс» и ЗАО «ЭлСиЭл»).

Восемь вагонов были снабжены приборами учета времени работы систем отопления пассажирских вагонов (рис. 6). Подключение приборов учета времени наработки позволило провести сравнительные измерения расхода электроэнергии на отопление в вагонах с обработанными и необработанными системами водотеплоснабжения.

Кроме факта очистки, в рамках проводимой работы, подтверждена экономия электроэнергии на отопление обработанных с применением ЭМВ вагонов в размере 24–25 % по сравнению с необработанными.

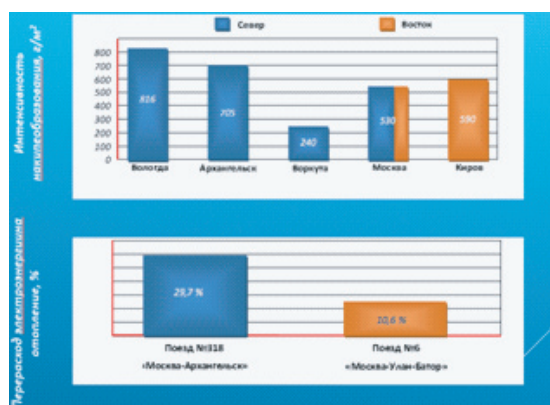


Рис. 3. Взаимосвязь интенсивности накипеобразования в заправочных гидрантах и перерасхода электроэнергии на отопление вагона поездов Северного и Восточного направлений



Рис. 4. Взаимосвязь коррозионной агрессивности воды в пунктах экипировки вагонов водой и скорости коррозии в системах водотеплоснабжения поездов Северного и Восточного направлений

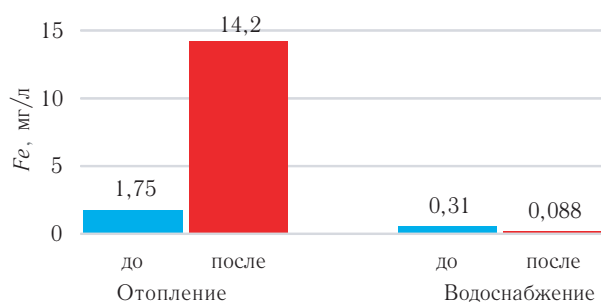


Рис. 5. Зависимость содержания железа общего в отопительном и питьевом контурах до и после применения ЭМВ

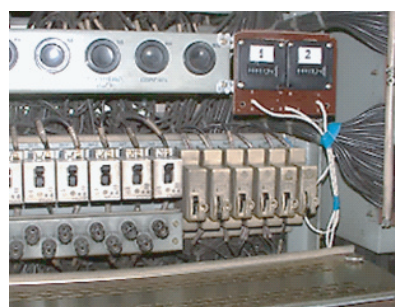


Рис. 6. Расположение приборов учета времени работы систем отопления в вагоне

На основании полученных результатов обработаны еще 100 систем водотеплоснабжения пассажирских вагонов, курсирующих в поездах по направлениям Москва–Воркута, Москва–Архангельск, Москва–Улан-Батор.

На 50 из них проведены исследования: качества воды и коррозионные. Данная работа подтвердила высокие технико-экономические параметры технологии в части повышения ресурса эксплуатации, уменьшения расхода электроэнергии до 25–40% и приведения качества воды в соответствие нормам.

К примеру, скорость коррозии на исследуемых системах снизилась с 0,258 до 0,086 мм/год, т.е. в 2,4 раза. Системы очистились от отложений. Уменьшилась скорость коррозии и улучшилось качество воды (рис. 7,8).

Отмечена положительная динамика изменения содержания железа в холодной воде в результате обработки (рис. 9).

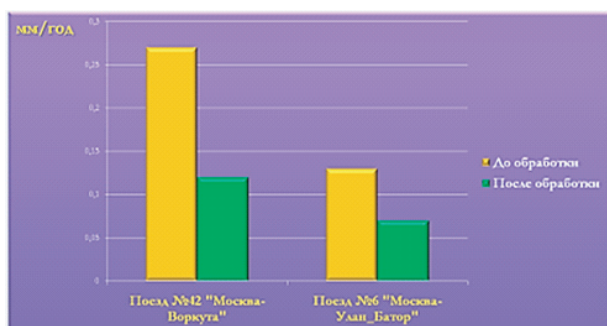


Рис. 7. Динамика изменения глубины проникновения коррозии в системах водотеплоснабжения в результате обработки

По полученным данным были проведены выборочные обследования систем водотеплоснабжения 400 пассажирских вагонов, регулярно курсирующих в поездах по направлениям Москва–Владивосток, Москва–Архангельск, Москва–Воркута, Москва–Вологда, включая весь подвижной состав поезда «Россия» сообщением Москва–Владивосток.

Масштабность проводимых работ позволила разработать технологию поточной обработки систем водотеплоснабжения пассажирских вагонов с применением ЭМВ в пунктах экипировки вагонов водой в условиях эксплуатационных пассажирских депо (рис. 10). Одновременно обрабатываются 4–5 систем. Время обработки одного состава 25–30 минут.

По существу, рассматриваемая технология позволяет за счет применения ЭМВ продлевать ресурс систем водотеплоснабжения в условиях эксплуатационных депо, выполняя здесь более 20 операций депоовского и капитального ремонтов.

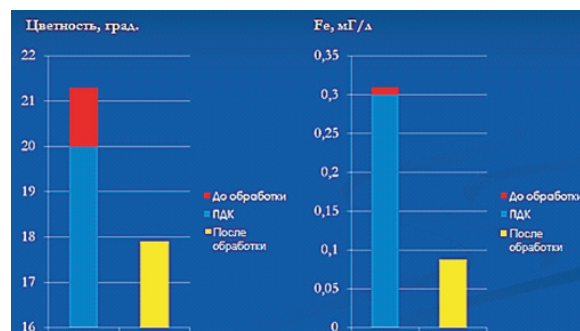


Рис. 8. Улучшение качества питьевой воды в пассажирских вагонах после обработки

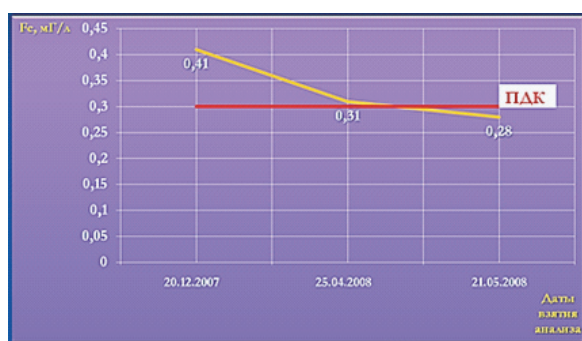


Рис. 9. Динамика изменения содержания железа в холодной воде в результате обработки



Рис. 10. Поточная обработка систем водотеплоснабжения пассажирских вагонов в эксплуатационном депо

Исследования подтвердили факт очистки систем от накипно-коррозионных отложений (рис. 11).

Показатели качества и коррозионности воды улучшились, что видно на примере динамики изменения коррозионности воды в вагонах со сроками службы 15 и более лет (рис. 12).

Были сформированы обобщенные данные по скорости коррозии в системах водотеплоснабжения вагонов (рис. 13). Во всех случаях она не превышает допустимые значения 0,085 мм/год. Обеспечен безнакипный режим работы на срок не менее пяти лет.

Образование защитной пленки создало условия для консервации систем в период отстоя. Отмечено значительное улучшение качества воды с положительной динамикой изменения содержания железа общего в процессе эксплуатации после обработки (рис. 14).

Уменьшился расход электроэнергии на отопление пассажирских вагонов на 8,2–11,6%.

На технико-экономические показатели существенно влияет своевременная гидравлическая промывка. Содержание взвесей в системах водотеплоснабжения у вагонов с однократной промывкой значительно ниже, чем у вагонов без промывки и со временем эта тенденция не изменяется.

В соответствии с Руководствами по депоовскому и капитальным ремонтам пассажирских вагонов [3–5], промывка является одной из обязательных операций. С целью интенсификации процесса разработан проект моечной станции с экономной технологической схемой, обеспечивающей высокие показатели очистки и микробиологические показатели. Проект моечной станции разработан в мобильном и стационарном исполнении.

Станция состоит из блока очистки с применением активированных алюмосиликатных адсорбентов (ААА), блока обеззараживания с применением



Рис. 11. Состояние системы отопления после обработки

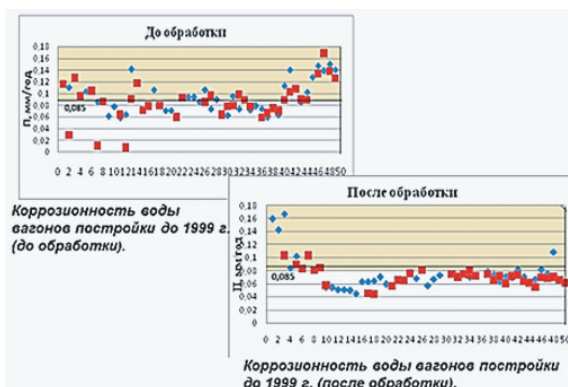


Рис. 12. Динамика изменения коррозионности воды в процессе обработки

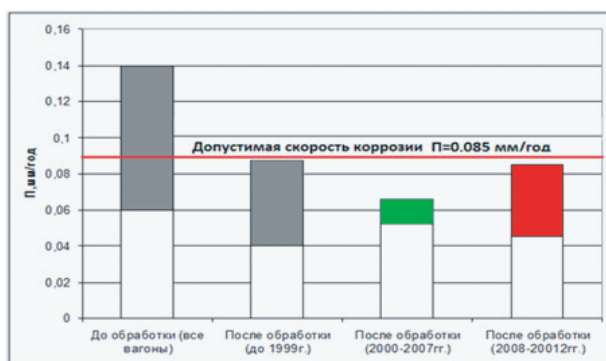


Рис. 13. Обобщенные данные по глубине проникновения коррозии в системах водотеплоснабжения обработанных и необработанных вагонов трех групп

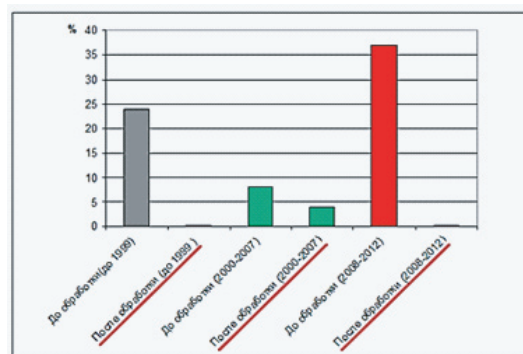


Рис. 14. Процент вагонов, где содержание железа общего выше норм СанПиН

электрохимически активированных растворов (ЭХАР) и системы с обратной подачей воды. Способы очистки и обеззараживания выбраны из соотношения цена-качество как наиболее эффективные и малозатратные. Были оценены укрупненные затраты на обеззараживание воды и оценены ее качественные показатели обязательные по СанПиН (табл. 3,4).

При загрузке 3000 вагонов в год и стоимости около 10 млн руб. окупаемость произойдет за 1,0–1,5 года за счет экономии воды и экономического эффекта от обработки с применением ЭМВ. Оценена структура расходов до и после внедрения проекта.

Практически эта схема, при высоком качестве воды, обеспечивает пассажирские вагоны дешевой и качественной питьевой водой (рис. 15). В рамках данной технологии удалось устранить в питьевой воде колифаги, не устраняемые другими традиционными методами.

Экономическая эффективность от применения ЭМВ на пассажирских вагонах будет складываться из уменьшения расходов ТЭР на отопление вагонов, увеличения срока службы систем водотеплоснабжения, а также уменьшения числа операций при депоковом и капитальном ремонтах (табл. 5,6).

Выводы

1. Разработан технологический процесс поточной обработки систем водотеплоснабжения пассажирских вагонов, позволяющий за счет очистки систем от накипно-коррозионных отложений и улучшения качества питьевой и технической воды устранять причину коррозионных и температурных разрушений при значительном уменьшении коррозионности среды и интенсивности ее накипеобразования с повышением ресурса и надежности систем в эксплуатации.

Таблица 3

Укрупненные удельные затраты на обеззараживание воды, руб./м³

№ п/п	Способ обеззараживания	Капитальные затраты	Эксплуатационные расходы	Годовые приведенные затраты
1	Хлорирование	19,5	2,22	4,56
2	Хлорирование с дехлорированием	20,82	2,76	5,25
3	Озонирование	4,5	22,44	29,2
4	Ультрафиолетовое облучение	33,0	5,4	9,36
5	ЭХАР	1,1	0,5	1,6

Таблица 4

Качественные показатели обеззараживания воды

№ п/п	Способ обеззараживания	Качественные показатели обеззараживания
1	Хлорирование	Несоответствие норм СанПиН 2.1.4.1074-01 по 3 показателям из 6 нормируемых
2	Хлорирование с дехлорированием	Несоответствие норм СанПиН 2.1.4.1074-01 по 3 показателям из 6 нормируемых
3	Озонирование	Образование высокотоксичных формальдегида, глиоксала, метилглиоксала. Усиление биообрастаний трубопроводов
4	Ультрафиолетовое облучение	Не обеспечивает остаточного дезинфицирующего действия в сети водопровода
5	ЭХАР	Качество воды удовлетворяет нормам СанПиН. Обеспечивает остаточное дезинфицирующее действие в сети водопровода

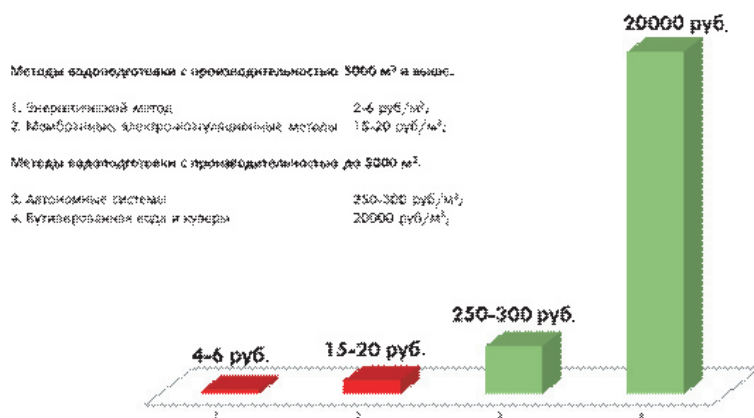


Рис. 15. Сравнительная стоимость одного кубического метра воды, прошедшего различные методы водоподготовки

Таблица 5

**Экономическая эффективность обработки
 систем водотеплоснабжения
 пассажирских вагонов**

Статьи затрат	До обработки		После обработки	
	Объем работ	Стоимость работ, руб.	Объем работ	Стоимость работ, руб.
Замена трубопроводов	200/(3/0,26)=17,3	4522	200/(3/0,086)=5,7	1490
Электроэнергия по направлению, кВт х Ч: Москва-Воркута Москва-Пекин	77644,8 159437	112586 231184	48384 118886	70156 172386
Уголь по направлению, т.т.т.: Москва-Воркута Москва-Пекин	30,84 0	29394 0	26,9 0	25556 0
ИТОГО по направлению: Москва-Воркута Москва-Пекин		146502 235706		97202 173876
Экономия средств: Москва-Воркута 49300 руб./год на вагон Москва-Пекин 61830 руб./год на вагон		+ Сокращение затрат по уменьшению объема ремонта и числа операций и экономия средств на водоподготовку		

Таблица 6

**Некоторые статьи и причины увеличения
 затрат при эксплуатации и ремонте
 систем водотеплоснабжения
 пассажирских вагонов**

Статьи увеличения затрат	Причины	Затраты на традиционные методы	Затраты на энергетический метод
Низкий ресурс эксплуатации систем	Высокая коррозионная агрессивность среды. Высокие жесткость, щелочность, содержание солей, в том числе и технической.	Различные методы антикоррозионной обработки. 6-70 тыс руб/м³*год	Э н е р г е т и ч е с к и й
Период ТЭР	Низкая теплоотдача поверхностей конструкций. Высокая интенсивность накипеобразования технической воды.	Целая гамма технологий временного устранения отложений. 6-70 тыс руб/м³*год	
Низкое качество воды (содержание железа, взвесей и т.д.)	Смешение воды из разных пунктов заправки и ее вторичное загрязнение	Водоподготовка в пунктах заправки водой. При ее средней стоимости 100 руб/м³ и потреблении в воды 830 м³/год*вагон – 83 тыс.руб./вагон	
Итого затрат, тыс.руб.		119-503	
			30 (на 5-7 лет)

2. Поточная обработка систем может проводиться в условиях эксплуатационных депо, не нарушая технологический процесс перевозки пассажиров внутрироссийского и международного сообщения.

3. Как показал более чем десятилетний опыт применения технологии на системах водотеплоснабжения свыше 1000 пассажирских вагонов отечественного и зарубежного производства, значительно сокращается количество операций депоовского и капитального ремонтов (более 20), что удешевляет и убыстряет их процесс при резком увеличении ресурса эксплуатации систем и уменьшением расхода ТЭР на отопление.

4. Положительные результаты получены на системах новых вагонов, вагонов со сроком эксплуатации более 13 лет, сезонных вагонов, когда осуществлена консервация систем, а также вагонах при работе систем на антифризах.

5. В результате обработки системы водоснабжения заполняются питьевой водой, соответствующей требованиям СанПиН, полученной по минимально возможной цене. 

Литература

1. Торопов, М.Н. Энергоэффективная, экологичная технология повышения надежности и ресурса систем водотеплоснабжения / М.Н. Торопов, И.Е. Перков, П.П. Бегунов. – Текст: непосредственный // Инженерные системы. – АВОК Северо-Запад. – 2019. – №1. – С. 34–42.
2. Энергетический метод водоподготовки применительно к объектам транспорта / М.Н. Торопов, П.П. Бегунов, И.Е. Перков, А.С. Селиванов, Н.В. Васильев. – Текст: непосредственный // Наука и техника транспорта. – 2022. – №2. – С. 26–33.
3. Вагоны пассажирские. Руководство по депоовскому ремонту 055 ПКБ ЦЛ-2010РД. – Текст: непосредственный.
4. Вагоны пассажирские. Руководство по капитальному ремонту (КР-1) 056 ПКБ ЦЛ-2010РК. – Текст: непосредственный.
5. Вагоны пассажирские. Руководство по капитальному ремонту (КР-2) ЛВ1.0030РК. – Текст: непосредственный.