

Применение европейского опыта при замене гидрофторуглеродов в климатических установках на отечественном железнодорожном транспорте

И. М. МАЗУРИН¹, С. Н. НАУМЕНКО²

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет "МЭИ"» (ФГБОУ ВО «НИУ "МЭИ"»), Москва, 111250, Россия

² Акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), Москва, 129626, Россия

Аннотация. Принятие Россией Кигалийской поправки к Монреальскому протоколу по веществам, разрушающим озоновый слой, поставило перед потребителями искусственного холода, в том числе и перед железнодорожным транспортом, очень непростую задачу — поиск приемлемой альтернативы выводимому из употребления хладону R134a и смесей на его основе. Учитывая, что на рынке отсутствуют равнозначные альтернативы этим веществам, предложено рассмотреть вопрос о применении широко известных и ранее используемых в климатической технике рабочих тел, опираясь на положительный опыт стран Европейского союза (ЕС). В статье выполнен анализ причин введенных запретов на использование гидрофторуглеродов, представлены механизм разрешенного законом применения в ЕС безопасных для человека и природы хладагентов и вариант дорожной карты по переводу климатических установок холдинга «РЖД» на хладон R22 и иные типы фторуглеродов в рамках действия Кигалийской поправки.

Ключевые слова: климатическая техника; хладагенты; гидрофторуглероды; Кигалийская поправка; Монреальский протокол; декарбонизация

Введение. Климатические установки — активно развивающийся инновационный сегмент инженерных систем зданий, сооружений и транспортных средств. Объем российского рынка климатической техники, по данным Ассоциации предприятий индустрии климата, за последние десять лет увеличился более чем в 10 раз и ежегодно растет с темпом 12–15% [1]. Значительный рост объясняется рядом причин. Во-первых, это возрастание требований к качеству жизни. Здоровый образ жизни становится не только личным выбором, но и во многих случаях частью «корпоративной культуры» работодателя. Во-вторых, это ухудшение качества окружающей среды вследствие урбанизации, автомобилизации и глобальных климатических изменений. Железнодорожный транспорт не является исключением. За последние годы в этой области существенно возросло оснащение как подвижного состава, так и зданий и сооружений климатическими установками, прежде всего установками кондиционирования воздуха (УКВ).

Положение на железнодорожном транспорте. Сегодня на железнодорожном транспорте эксплуатируется

более 500 тыс. УКВ и иных видов холодильных машин пароконденсационного типа, к которым относятся:

- УКВ пассажирских вагонов дальнего следования, моторвагонного и скоростного подвижного состава;
- УКВ кабин машинистов тягового подвижного состава;
- малые холодильные установки вагонов-ресторанов и кухонь скоростных поездов;
- климатические установки, размещенные в офисных зданиях и в помещениях железнодорожных вокзалов, а также прочих стационарных объектах холдинга.

Следует выделить пароконденсационные теплонасосные установки, множественное использование которых в технологических процессах ряда субъектов холдинга «РЖД» обозначено в Энергетической стратегии компании [2].

По экспертным оценкам, затраты электроэнергии, необходимые для работы климатических установок холдинга «РЖД», достигают одного млрд кВт·ч. Взятый страной курс на декарбонизацию, означающий снижение выбросов углекислого газа (CO₂) [3, 4], ставит перед необходимостью обеспечения эффективного использования климатической техники, которое главным образом зависит от термодинамических и эксплуатационных свойств применяемых в ней хладагентов [5].

Присоединение Российской Федерации к международным соглашениям в области климата (Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой, Киотский протокол, Парижское соглашение и пр.) привели к последовательной замене традиционно используемых в транспортных установках энергетически эффективных рабочих тел, таких как R12 (группа хлорфторуглероды — ХФУ), а позднее R22 (группа гидрохлорфторуглероды — ГХФУ), хладагентами менее эффективными — гидрофторуглеродами (ГФУ). Последние используются в качестве альтернативы озоноразрушающим веществам, однако, не являясь озоноразрушающими веществами, ГФУ относятся к парниковым газам, которые

■ E-mail: naumenko.sergey@vniizht.ru (С. Н. Науменко)

имеют высокий потенциал глобального потепления в диапазоне 121–14 800. Сегодня хладагенты именно этой группы применяются в климатической технике подвижного состава и стационарных объектах. К ним относятся R134a, R404a, R407c, R410a. В указанном тренде следует отметить и рассмотрение в АО «Федеральная пассажирская компания» (АО «ФПК») актуального вопроса о замене еще используемого в значительной части парка УКВ хладагона R22 гидрофторуглеродами R417a, MCOOL22.

Кигалийская поправка. 15 октября 2016 г. в г. Кигали (Руанда) на 28-ом Совещании Сторон Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой (Монреальский протокол), достигнуто соглашение о поэтапном сокращении потребления ГФУ. На сегодняшний день к поправке присоединилось 92 страны. Принятие Россией Кигалийской поправки к Монреальскому протоколу поставило перед потребителями искусственного холода, в том числе и перед железнодорожным транспортом, очень непростую задачу — поиск приемлемой альтернативы выводимому из употребления хладону R134a и смесей на его основе. Главным аргументом вводимого запрета на применение ГФУ, как следует из докладов Международной группы экспертов по изменению климата, является слишком долгая их жизнь в атмосфере, а потому и большое значение парникового эффекта. Следовательно, принятие указанной поправки должно способствовать снижению антропогенного воздействия на климат Земли и выполнению обязательств Российской Федерации, вытекающих из Рамочной конвенции ООН об изменении климата, Киотского протокола и Парижского соглашения. В соответствии с ней Российская Федерация обязана сократить объемы потребления ГФУ с 2020 г. на 5 %, с 2025 г. на 35 %, с 2029 г. на 70 %, с 2034 г. на 80 %, с 2036 г. на 85 %, в дальнейшем с неограниченной возможностью использовать ГФУ в объеме 15 % от базового уровня. Предполагается, что переходный период по отказу в будущем от применения ГФУ в Российской Федерации будет составлять около 20 лет, что позволит потребителям перейти на использование альтернативных хладагентов, в том числе природного происхождения.

Сложности при эксплуатации УКВ с ГФУ. Следует отметить, что в России практически отсутствует собственное производство ГФУ, а основным их экспортером является Китай. Кроме того, для всей группы ГФУ так и не созданы устройства для утилизации и рецикла, необходимые для повторного применения в климатических установках. Причиной этого является нестабильность ГФУ. Поскольку молекулы этой группы соединений состоят из фтора, углерода и водорода, а энергия связи водорода с углеродом (413 кДж/моль) меньше, чем энергия связи водорода с фтором (567 кДж/моль), то

водород при незначительных внешних воздействиях в компрессоре холодильного агрегата переходит от слабой связи с углеродом к более прочной связи с фтором [6, 7]. При этом образуются новые токсичные и агрессивные соединения, отличающиеся от первоначального состава по свойствам. После сбора из холодильных агрегатов при ревизии или ремонте вернуть эту группу соединений к первоначальному состоянию для повторного использования можно только теоретически.

Анализ причин запретов ХФУ, ГХФУ, ГФУ и поиск решения. В условиях реальной эксплуатации при ремонтах или ревизии холодильных агрегатов R134a, как и смеси на его основе с номерами выше 400, просто выпускают в атмосферу, в лучшем случае через фильтры для активных фторидов, чтобы не отравлять персонал. Зная, что в R134a фтора по массе 75 %, подобное расточительство на самом деле — главная причина запрета, поскольку фтор является исчезающим видом стратегического сырья. При его исчерпании мир останется без урана и алюминия, получать которые без фтора пока еще не научились. Надо отметить, что появление запретов на использование ХФУ было вызвано нарастающим количеством безотчетно используемых спреев с ХФУ в США и Европе в 70-е гг. прошлого века [8].

Кроме ХФУ под запрет попал и элегаз (SF₆), в котором содержится 78 % фтора. При этом оказалось, что в отличие от хладонов у элегаза нет альтернативы и заменить его в высоковольтных выключателях большей мощности нечем. Воздушные и маслonaполненные выключатели уже полвека назад прекратили выпускать в мире из-за низкой надежности и опасности пожаров, а вакуумные выключатели пригодны лишь для небольших мощностей. Поэтому на основании закона о защите прав потребителей элегаз сохранили в качестве разрешенного к применению вещества из-за отсутствия альтернативы, но при этом ввели обязательное условие по высокой герметичности газонаполненных высоковольтных аппаратов. Уровень потерь от негерметичности для них ограничен 1 % в год от начальной массы элегаза, заправленного в аппараты. При ревизии и ремонтах элегаз должен собираться с оговоренным уровнем потерь и подвергаться рециклу для повторного использования. Отметим, что элегазовые выключатели сегодня успешно применяются в филиале ОАО «РЖД» — компании Трансэнерго.

Это техническое решение в Европе и явилось условием использования фторсодержащих озоноопасных и парниковых газов в бытовых и торговых агрегатах, для которых на рынке не нашлось полных альтернатив запрещенным к применению веществам. Юридической основой такого решения является закон о защите прав потребителей.

Для холодильных агрегатов довольно сложно обеспечить условия по герметичности, сохранению

вещества и проведению последующего рецикла для повторного использования. Потери на уровне 1 % возможны только на агрегатах с герметичными компрессорами. Для полугерметичных компрессоров такой уровень потерь без доработки конструкции недостижим, поскольку изначально потери эмиссии хладагентов составляют не менее 15 % в год. Кроме того, необходимо иметь в распоряжении еще и оборудование для сбора и рецикла фторсодержащего хладагента, гарантирующее отсутствие выбросов в атмосферу. Это обязательное условие применения фторидов по санитарным нормам.

С другой стороны, отсутствие технологии, позволяющей работать с фторсодержащими хладагентами в оговоренных условиях, равно как и отсутствие герметичных машин, неизбежно заставляет потребителя искусственного холода переходить на безфторные природные хладагенты. Пока это аммиак и углеводороды. Возможны еще CO_2 , а также двуокись серы. Использование природных хладагентов в УКВ пассажирских вагонов дальнего следования ранее прогнозировалось как перспективное направление [9]. Накопленный в этой области опыт показывает, что такого рода хладагенты применялись в начале прошлого века, но при условии отсутствия человека рядом с работающей холодильной машиной, которая иногда взрывалась без видимых причин. Особенно часто взрывы случались с аммиачными установками. Сегодня для применения безфторных технологий сначала необходимо обучить и подготовить к работе обслуживающий персонал. Однако гарантии безопасной эксплуатации машин при их использовании пока нет. Последнее обстоятельство особенно важно для условий эксплуатации железнодорожного подвижного состава.

Для решения возникшей проблемы обратимся к зарубежному опыту. В 2014 г. опубликован Регламент ЕС № 517/2014 по использованию фторсодержащих парниковых газов [10], в котором представлена схема выхода из технического тупика, неизбежно возникающего из-за отсутствия альтернативы при каждом очередном запрете на фторсодержащие вещества по Монреальскому протоколу. Предложенная схема мало отличается от той, что в 90-е гг. прошлого века уже обсуждалась в качестве приемлемой для вводимых в обиход запретов по использованию ХФУ. На европейском рынке в свободной продаже имелось оборудование для утилизации и рецикла R12, но одновременно появился и хладон R134a от фирмы Дюпон, который ни в публикациях, ни в рекламе альтернативой R12 не назывался. Он действительно альтернативой и не был. Его называли заменителем, но не альтернативой! Он уступал R12 по цене, стабильности и коррозионным свойствам, энергопотреблению.

Не менее серьезные проблемы возникли и с пожаротушащими веществами. Пламягасящие бромфреоны,

которые запретили вообще без всяких оснований, также не имеют альтернатив, хотя на их замену предложили не только ГФУ (R23 и R125), но и фторуглеродные соединения, такие как C3F8 (R218), C4F10 (R31-10), и фторированный йод C3F7I. Однако реальное применение перечисленных веществ показало полную непригодность ГФУ из-за их нестабильности и начала разложения уже при 100 °С в контакте с малоуглеродистой сталью. Это отмечено одним из авторов при испытаниях R125 [11]. Фторуглероды, хотя и термически стабильны вплоть до 550 °С и безопасны для человека, требуют большого количества пламягасящего вещества при тушении из-за более высоких значений огнегасящих концентраций [12]. Йодосодержащие фторированные соединения слишком дороги для использования в пожаротушащих системах. Таким образом, в пожаротушении полной альтернативы бромфреонам на рынке пока нет, а использование суррогатов для защиты жизни человека при пожаре принципиально недопустимо.

Кигалийская поправка к Монреальскому протоколу серьезно ускорила процесс поиска решения для застарелой проблемы выбора рабочих тел для энергетических циклов в холодильных машинах, равно как и гарантии безопасности человека в экстремальных условиях техногенных катастроф, связанных с пожарами. Важным подспорьем в технически грамотном решении этих задач является новый текст Конституции Российской Федерации, в котором восстановлен приоритет жизни человека, отсутствующий в обязательствах России по выполнению требований Монреальского протокола.

Восстановив приоритет человека, Россия пока еще выполняет обязательства по запретам на использование ХФУ и постепенный вывод из обращения ГХФУ и ГФУ.

Предлагаемое решение. Проблему замены ГФУ предлагается решить по-европейски: за счет освоения технологии полного сбора и рецикла фторсодержащих рабочих тел, которые использовались ранее. Среди них есть досрочно запрещенный к использованию R22, производство которого сохранилось в России, а право на использование этого хладона по Монреальскому протоколу прекратится только в 2030 г. В этом случае в соответствии с законом о защите прав потребителей использование R22 при отсутствии альтернативы вполне законно и оправдано заботой о безопасности человека.

Дорожная карта. В реальном исполнении этой задачи для железнодорожного транспорта в первую очередь необходимо решить вопрос по возвращению R22 в климатические установки. При этом, помимо основной, будут решены как минимум три важные эксплуатационные задачи:

- снижено потребление энергии;

- увеличен межремонтный срок при работе агрегата;
- уменьшены эксплуатационные затраты.

Для достижения поставленных целей необходимо обеспечить полный сбор и рецикл R22 для повторного использования.

Учитывая тот факт, что малые и средние агрегаты для холодильных машин и УКВ комплектуются герметичными компрессорами, можно утверждать о принципиальной возможности решения задачи перехода с использования R134a и смесей на его основе на R22 с учетом европейского опыта [10].

Здесь за базу анонсируемого решения задачи по замене R134a предлагается использовать логическую схему ЕС, по которой Регламент разработан Комиссией ЕС, после чего утвержден Советом ЕС. При этом действие документа ограничено рамками ЕС.

Для условий России в Федеральном агентстве железнодорожного транспорта (ФАЖТ) вполне реально создание своей Комиссии и выпуск внутреннего документа, аналогичного указанному Регламенту, который необходимо будет направить для ознакомления в Минприроды и Минюст. Документ не будет противоречить ни Конституции Российской Федерации, ни законодательству стран — участниц Монреальского протокола, ни самому тексту Протокола.

Останется осуществить разработку и создание системы сбора и хранения, рецикла и аттестации качества фторсодержащих хладонов с учетом требований [10], которые следует ввести в техническое задание на разработку технологии и аппаратов для системы сбора и рецикла фторсодержащих газов, в том числе и для R22.

В итоге у железнодорожников появляется возможность самостоятельно выбирать фторсодержащие рабочие тела для заправки УКВ и иных холодильных установок исходя из приоритета их безопасности для человека. Данная возможность будет сохраняться до момента появления на рынке настоящих альтернатив запрещенным к применению хладагентам, указанным в приложении к Монреальскому протоколу.

Учитывая опыт поиска альтернатив R12 и R22, насчитывающий практически 35-летний период, надежд на появление веществ с аналогичным перечнем свойств практически нет. По этой причине из недорогих и пока еще выпускающихся в России хладонов остается R22, который хорошо изучен и подходит для использования в климатической технике, применяемой на железнодорожном транспорте.

Техническая сторона вопроса предельно проста. После оценки ФАЖТ актуальности вопроса и принятия решения о разработке системы сбора и хранения, рецикла и аттестации качества фторсодержащих хладонов поставленная задача решается в течение года.

В 70–80-е гг. прошлого века утилизацию и рецикл хладонов и элегаза выполняли на нескольких предприятиях Минэнерго, Минэлектротехпрома и Минлегпищепрома. Единственное отличие достигнутых в те времена результатов от норм Регламента ЕС заключается в полноте извлечения фторсодержащих веществ из аппаратов и в герметичности самих аппаратов и машин (потери были на порядок выше от требуемых сегодня по Регламенту ЕС). Но эта задача решается на основе российских комплектующих.

Выводы. 1. Принятие Российской Федерацией Кигалийской поправки к Монреальскому протоколу по веществам, разрушающим озоновый слой, поставило перед структурами холдинга «РЖД», использующими климатическую технику, задачу по замене применяемых в ней хладагента R134a и смесей на его основе, относящихся к группе ГФУ, альтернативным рабочим телом.

2. Ввиду отсутствия на рынке альтернатив применяемым ГФУ предлагается рассмотреть вопрос об организации целенаправленной работы по самостоятельному выбору приемлемых для климатической техники, используемой на железнодорожном транспорте, фторсодержащих хладонов на основе имеющегося европейского опыта.

3. На основе анализа отечественного законодательства и международных обязательств Российской Федерации по природоохранным проектам научно обоснована возможность перевода климатических установок, используемых в России, на прежние хладагенты, но при условии отсутствия на рынке альтернатив запрещаемым к применению веществам и обязательном условии полного сбора и рецикла фторсодержащих хладагентов. При этом наиболее подходящим по перечню физических свойств, цене и наличию на рынке предлагается хладон R22.

4. Техническая задача по разработке системы сбора и хранения, рецикла и аттестации качества R22 и некоторых других фторсодержащих хладонов может быть решена на базе отечественных технологий 80-х гг. прошлого века с незначительной модернизацией основных элементов оборудования в приемлемые сроки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Состояние и перспективы развития систем кондиционирования воздуха [Электронный ресурс]. URL: <https://www.unep.org/ozonaction> (дата обращения: 10.03.2021 г.).
2. Энергетическая стратегия холдинга «Российские железные дороги» на период до 2020 года и на перспективу до 2030 года [Электронный ресурс]: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 14 декабря 2016 г. № 2537р. М., 2016. 76 с. URL: http://www.rzd-expo.ru/innovation/resource_saving/energeticheskay_efektivnost/enstrat2030.pdf (дата обращения: 10.03.2021 г.).

3. Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2030 года [Электронный ресурс]: утв. Указом Президента Российской Федерации от 31 декабря 2015 г. № 683. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/40391> (дата обращения: 10.03.2021 г.).

4. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации до 2024 года [Электронный ресурс]: Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/57425> (дата обращения: 10.03.2021 г.).

5. Науменко С. Н., Белова Н. В., Савельев К. О. Решение энергоэкологических проблем в сфере железнодорожной холодильной техники // Железнодорожный транспорт. 2012. № 3. С. 46–48.

6. Браун Т. Л., Лемей Г. Ю. Химия — в центре наук. В 2-х ч. Ч. 1 / пер. с англ. Е. Л. Розенберга. М.: Мир, 1983. 448 с.

7. Научные приоритеты использования альтернативных источников энергии на железнодорожном транспорте / А. Б. Косарев [и др.] // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). 2020. Т. 79. № 5. С. 293–300. DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2020-79-5-293-300>.

8. Мизун Ю. Г. Озонные дыры: мифы и реальность. М.: Мысль, 1993. 285 с.

9. Киселев И. Г., Кудрин М. Ю., Приймун В. П. О выборе хладагента для климатических установок пассажирского подвижного состава // Известия ПГУПС. 2014. № 3. С. 85–90.

10. О фторсодержащих парниковых газах и аннулировании Регламента (ЕС) № 842/2006 [Электронный ресурс]: Регламент (ЕС) от 16 апреля 2014 г. № 517/2014. URL: http://www.ozoneprogram.ru/upload/files/r/regulation_517_2014_rus.pdf (дата обращения: 10.03.2021 г.).

11. Герасимов Р. Л., Мазурин И. М. Термическая стабильность R218 (C3F8) и R31-10 (C4F10) при температурном воздействии // Теплофизика высоких температур. 2015. Т. 53. № 6. С. 957.

12. Озонабезопасные альтернативы и заменители. Пропеллен-ты, хладагенты, вспениватели, растворители, огнегасящие средства / В. Г. Барабанов [и др.]. СПб.: Химиздат, 2003. 304 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

МАЗУРИН Игорь Михайлович,

д-р техн. наук, профессор, кафедра теоретических основ теплотехники, ФГБОУ ВО «НИУ "МЭИ"»

НАУМЕНКО Сергей Николаевич,

д-р техн. наук, начальник отдела Центра электрификации и теплоэнергетики, АО «ВНИИЖТ»

Статья поступила в редакцию 15.03.2021 г., принята к публикации 20.04.2021 г.

Для цитирования: Мазурин И. М., Науменко С. Н. Применение европейского опыта при замене гидрофторуглеродов в климатических установках на отечественном железнодорожном транспорте // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). 2021. Т. 80. № 2. С. 118–123. DOI: <https://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2021-80-2-118-123>.

European experience application in replacing hydrofluorocarbons in air conditioning units in domestic railway transport

I. M. MAZURIN¹, S. N. NAUMENKO²

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "National Research University "MEI" (FGBOU VO "NIU "MEI"), Moscow, 111250, Russia

²Joint Stock Company Railway Research Institute (JSC "VNIIZHT"), Moscow, 129626, Russia

Abstract. Adoption by Russia of the Kigali Amendment to the Montreal Protocol on substances that deplete the ozone layer posed a very difficult task for consumers of artificial cold, including rail transport, to find an acceptable alternative to the R134a freon and mixtures based on it, which is being phased out. Considering that there are no equivalent alternatives to these substances on the market, it was proposed to consider the use of widely known and previously used working fluids in climate technology, based on the positive experience of the European Union (EU) countries. The article analyzes the reasons for the bans on the use of hydrofluorocarbons, presents the mechanism for the legal use of refrigerants that are safe for humans and nature in the EU and a version of the roadmap for converting the climatic units of the Russian Railways holding to R22 freon and other types of fluorocarbons within the framework of the Kigali Amendment.

Keywords: air conditioning equipment; refrigerants; hydrofluorocarbons; Kigali Amendment; Montreal Protocol; decarbonization

DOI: <https://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2021-80-2-118-123>

REFERENCES

1. *Sostoyaniye i perspektivy razvitiya sistem konditsionirovaniya vozdukhа* [Condition and prospects of development of air conditioning systems]. URL: <https://www.unep.org/ozonaction> (retrieved on 10.03.2021) (in Russ.).

2. *Energy strategy of the JSC "Russian Railways" for the period until 2020 and for the future until 2030*. Approved by order of the JSC "Russian Railways" dated December 14, 2016 No. 2537r. Moscow, 2016, 76 p. URL: http://www.rzd-expo.ru/innovation/resource_saving/energeticheskay_efektivnost/enstrat2030.pdf (retrieved on 10.03.2021) (in Russ.).

3. *Strategy of national security of the Russian Federation until 2030*. Approved by Decree of the President of the Russian Federation dated December 31, 2015 No. 683. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/40391> (retrieved on 10.03.2021) (in Russ.).

4. *On the national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation until 2024*. Decree of the President of the Russian Federation dated May 7, 2018 No. 204. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/57425> (retrieved on 10.03.2021) (in Russ.).

5. Naumenko S. N., Belova N. V., Savel'ev K. O. *Reshenie energeto-ekologicheskikh problem v sfere zheleznodorozhnoy kholodil'noy tekhniki* [Solution of energy-ecological problems in the field of railway refrigeration technology]. *Zheleznodorozhnyy transport*, 2012, no. 3, pp. 46–48.

6. Brown T. L., Lemay G. Yu. *Chemistry — in the center of the sciences*. In 2 parts, part 1. Translated from English by E. L. Rosenberg. Moscow, Mir Publ., 1983, 448 p.

7. Kosarev A. B., Rebrov I. A., Naumenko S. N., Barch A. V. *Nauchnye priority ispolzovaniya al'ternativnykh istochnikov energii na*

zheleznodorozhnom transporte [Scientific priorities for the use of alternative energy sources in railway transport]. VNIIZHT Scientific Journal, 2020, Vol. 79, no. 5, pp. 293–300. DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2020-79-5-293-300>.

8. Mizun Yu. G. *Ozonnye dyry: mify i real'nost'* [Ozone holes: myths and reality]. Moscow, Mysl' Publ., 1993, 285 p.

9. Kiselev I. G., Kudrin M. Yu., Priymin V. P. *O vybore khladagenta dlya klimaticheskikh ustanovok passazhirskogo podvizhnogo sostava* [On the choice of a refrigerant for climatic installations of passenger rolling stock]. Proceedings of Petersburg Transport University, 2014, no 3, pp. 85–90.

10. *O ftorsoderzhashchikh parnikovykh gazakh i annullirovanii Reglamenta (ES) № 842/2006. Reglament (ES) ot 16 aprelya 2014 g. № 517/2014* [On fluorinated greenhouse gases and cancellation of Regulation (EU) No. 842/2006. Regulation (EU) dated April 16, 2014 No. 517/2014]. URL: http://www.ozonprogram.ru/upload/files/r/regulation_517_2014_rus.pdf (retrieved on 10.03.2021) (in Russ.).

11. Gerasimov R. L., Mazurin I. M. *Termicheskaya stabil'nost' R218 (C3F8) i R31-10 (C4F10) pri temperaturnom vozdeystvii* [Ther-

mal stability of R218 (C3F8) and R31-10 (C4F10) under temperature influence]. *Teplofizika vysokikh temperatur* [High temperature], 2015, Vol. 53, no. 6, p. 957.

12. Barabanov V. G., Blinova O. V., Zotikov V. S., Lizgunov S. A., Orlov A. P., Orlov G. D., Rusanov V. B., Samoilenko V. I., Trukshin I. G., Tselikov V. N. *Ozone-safe alternatives and substitutes. Ropellants, refrigerants, foaming agents, solvents, extinguishing agents*. St. Petersburg, Khimizdat Publ., 2003, 304 p.

ABOUT THE AUTHORS

Igor' M. MAZURIN,

Dr. Sci. (Eng.), Professor, Department of Theoretical Foundations of Heat Engineering, FGBOU VO "NIU "MEI""

Sergey N. NAUMENKO,

Dr. Sci. (Eng.), Head of Department of the Center for Electrification and Heat Power Engineering, JSC "VNIIZHT"

Received 15.03.2021

Accepted 20.04.2021

E-mail: naumenko.sergey@vniizht.ru (S. N. Naumenko)

For citation: Mazurin I. M., Naumenko S. N. European experience application in replacing hydrofluorocarbons in air conditioning units in domestic railway transport // VNIIZHT Scientific Journal. 2021. 80 (2): 118–123 (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2021-80-2-118-123>.

ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В АО «ВНИИЖТ»

Центр дополнительного образования (ЦДО) (лиц. № 2329 от 11.08.2016 г.) проводит повышение квалификации и профессиональную переподготовку слушателей по следующим направлениям:

- Анализ, моделирование бизнес-архитектуры и бизнес-процессов, использование процессного подхода в управлении организацией (для руководителей и специалистов)
- Проектирование, изготовление и приемка сварных конструкций железнодорожного подвижного состава, управление качеством в сварке рельсов, проведение аудита сварочного производства
- Построение энергосберегающих графиков движения поездов с использованием автоматизированной системы АПК ЭЛЬБРУС
- Изучение технологии транспортных процессов
- Транспортная логистика
- Изучения принципов построения и функционирования автоматизированной системы контроля за работой специального подвижного состава
- Изучение устройств, диагностики и средств контроля состояния железнодорожного пути
- Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт подвижного состава и устройств электроснабжения

Программы обучения могут быть разработаны по инициативе заказчика с учетом профессиональной деятельности АО «ВНИИЖТ».

Обучение проводится как в очной форме, так и с применением дистанционных образовательных технологий.

По итогам освоения образовательных программ слушателям выдается документ о квалификации государственного образца.

Куратор ЦДО — Пархаев Алексей Александрович, кандидат социологических наук, заместитель Генерального директора по управлению персоналом и социальным вопросам.

По вопросам обучения обращаться по адресу: 129626, г. Москва, 3-я Мытищинская улица, д.10
Центр дополнительного образования. Тел.: +7 (495) 602-81-74, e-mail: shiryaeva.oksana@vniizht.ru

