

Научные приоритеты использования альтернативных источников энергии на железнодорожном транспорте

А. Б. КОСАРЕВ, И. А. РЕБРОВ, С. Н. НАУМЕНКО, А. В. БАРЧ

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

Аннотация. Альтернативные источники энергии, относящиеся в большинстве своем к «зеленой» энергетике, — один из перспективных трендов развития энергогенерации в том числе для мирового железнодорожного сектора. Это обусловлено, во-первых, его стремлением сохранить свои экологические преимущества за счет снижения выбросов углекислого газа в окружающую среду и повышения энергоэффективности, во-вторых, сокращением в ближайшие десятилетия использования в качестве топливных ресурсов таких источников, как нефть и уголь.

В мире, где 95 % моторизованной техники использует в качестве топлива нефть, выбросы парниковых газов на пассажиро-километр для железнодорожного транспорта в пять раз меньше, чем для автомобильного транспорта, и в 20 раз меньше, чем для воздушного транспорта. Поэтому одна из ключевых задач развития железнодорожного транспорта — это создание высокоскоростных магистралей, которые будут служить альтернативой автомобильным и авиасообщениям на короткие расстояния.

Помимо известных технологий альтернативной энергетики, на железнодорожном транспорте традиционно проводятся научные исследования по совершенствованию энергосберегающих технологий, к которым относится использование избыточной энергии рекуперации при торможении подвижного состава.

Также подтвердили свою эффективность на железнодорожном транспорте проекты применения возобновляемых источников энергии — теплонасосных установок: обогрева стрелочных переводов от грунта, использование тепла от компрессоров горючих комплексов для обогрева постов электрической централизации и тепла трансформаторов тяговых подстанций для собственных нужд.

В статье показано, что при выборе типа альтернативных источников энергии, которые обеспечат оптимальные режимы работы в производственной деятельности железнодорожного транспорта, необходимо научно обосновать их применение.

Ключевые слова: электроснабжение; высокоскоростная магистраль; энергоэффективность; энергосберегающие технологии; альтернативные источники энергии; экология

Введение. Электроэнергия в современном мире является одним из ключевых элементов развития базовых отраслей промышленности. Использование данного вида энергии на железнодорожном транспорте обусловлено в том числе относительной легкостью ее передачи на большие расстояния. Порядка 95 % мировых потребителей энергии обеспечиваются традиционными видами тепловой генерации с использованием готовой сырьевой базы (нефтепродук-

ты, газ, уголь, сланцевые залежи и торф, ГЭС). Одним из главных современных трендов развития электрогенерации на железнодорожном транспорте является использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ), систем распределенной генерации и рекуперации (рис. 1). Их применение получает все более широкое распространение. Под распределенной генерацией подразумеваются различного рода газогенерирующие установки, генерация нажимного типа и прочее [1]. Отдельным альтернативным источником энергии, помимо ВИЭ и систем распределенной генерации, является использование избыточной энергии рекуперации при торможении подвижного состава.

Что касается традиционной генерации, то прогноз развития свидетельствует о том, что нефть, газ и уголь постепенно будут уходить с рынка электрогенерации, дальнейшее развитие получают ГЭС и АЭС и более существенную долю на рынке будет занимать генерация из нетрадиционных источников — так называемых зеленых технологий, возобновляемых источников энергии [1].

Цель настоящей статьи — показать, что при выборе типа альтернативных источников энергии, которые обеспечат оптимальные режимы работы в производственной деятельности железнодорожного транспорта, необходимо научно обосновать их применение.

Юридический аспект. Анализируя проблемы внедрения новых способов получения электроэнергии, следует затронуть юридическую сторону вопроса. Электроэнергия — это продукт, который производится и нормируется, его производят, сохраняют и поставляют потребителю. Ее производство и реализация управляется экономическими законами, которые невозможно обойти. Для решения вопросов с юридической стороны целесообразно обратиться к опыту зарубежных стран. В развитых странах существует поддержка на государственном уровне, позволяющая продукту, произведенному по «зеленым» технологиям, выходить на рынок. Она заключается в использовании вводных тарифов (feed-in-tariffs), наличии законодательно закрепленных гарантий инвесторам (налоги, проценты по кредитам) и возможности про-



Рис. 1. Альтернативные источники электрической энергии
Fig. 1. Alternative sources of electrical energy

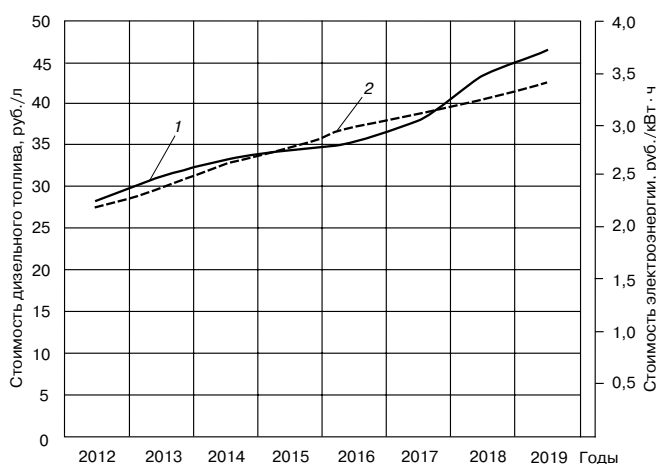


Рис. 2. Рост стоимости дизельного топлива и электроэнергии с 2012 по 2019 г. в России:

1 — дизельное топливо; 2 — электроэнергия

Источник: данные Федеральной службы государственной статистики РФ.

Fig. 2. Growth in the cost of diesel fuel and electricity in Russia from 2012 to 2019:

1 — diesel fuel; 2 — electricity

Source: data from the Federal State Statistics Service of the Russian Federation.



Рис. 3. Динамика основных показателей, используемых ОАО «РЖД» для оценки экологической ситуации:

1 — образование отходов; 2 — эмиссия парниковых газов; 3 — выбросы в воздух; 4 — сброс загрязненных сточных вод

Fig. 3. Dynamics of the main indicators used

by the Russian Railways to assess the environmental situation:
1 — waste generation; 2 — emission of greenhouse gases; 3 — air emissions; 4 — discharge of contaminated wastewater

давать электроэнергию «домашней микрогенерации» («microgeneration») в общую сеть. Законодательная база, действующая в нашей стране, не предусматривает возможности передачи электроэнергии, выработанной путем использования ВИЭ, обратно в общую сеть. Более того, Федеральный закон «Об электроэнергетике» от 26.03.2003 г. № 35-ФЗ запрещает генерировать электричество всем, кроме генерирующих компаний, для которых эта генерация является основным видом деятельности [1]. В отличие от России, например, в Швейцарии и Германии данный вид деятельности является бизнесом.

Экономический аспект. Одним из важных аспектов при планировании использования ВИЭ является стоимость получаемого электричества для конечного потребителя.

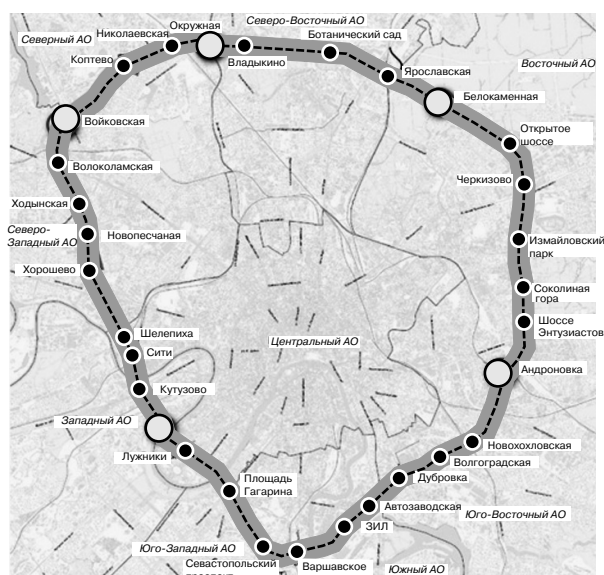
В традиционной энергетике, например, стоимость дизельного топлива, как видно из рис. 2, имеет устойчивую тенденцию к увеличению, а все энергосберегающие мероприятия не приводят к снижению фактических затрат на его производство. Аналогичная ситуация и с другими ресурсами — тарифы на энергоносители растут опережающими темпами.

Вместе с тем в странах с активным использованием нетрадиционной генерации наблюдаются обратные явления. Например, в связи с аномально теплыми зимними температурами, а также с высокими ветровыми нагрузками в первой декаде февраля 2020 г. на торговой площадке Финляндии была зафиксирована отрицательная стоимость электроэнергии, о чем свидетельствуют данные энергетической биржи NordPool. Это было связано с приходом ураганного ветра со стороны Атлантического океана, который резко увеличил производительность ветряных электростанций, вырабатывающих чуть более 6 % электроэнергии в стране, и необычно теплой зимой, повлиявшей на снижение расходов электроэнергии, используемой для отопления домов.

Экологический аспект. Неоспоримым преимуществом альтернативных источников электроэнергии перед традиционными является их экологичность, поэтому эту энергию еще называют «зеленой».

На рис. 3. продемонстрирована динамика основных показателей, используемых для оценки экологической ситуации. В настоящее время ОАО «РЖД» по праву занимает лидирующие позиции среди естественных монополий в области снижения негативного влияния на окружающую среду. Вклад именно энергетического комплекса в работу по сокращению техногенного влияния на экологию весьма серьезный.

Высокоскоростные магистрали (ВСМ). Высокоскоростные перевозки пассажиров и грузов в глобальном масштабе по праву считаются одним из ключевых



МОСКОВСКОЕ ЦЕНТРАЛЬНОЕ КОЛЬЦО (МЦК)

Постоянный ток 3 кВ

Пять тяговых подстанций:
Окружная, Андроновка, Белокаменная,
Покровское-Стрешнево, Москва-Киевская

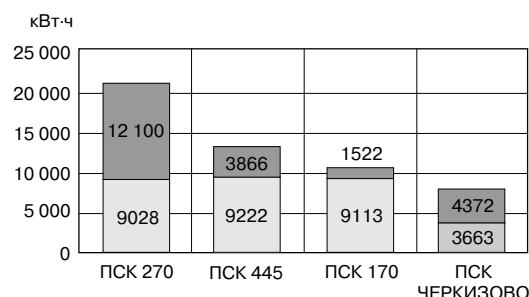


Рис. 4. Система электроснабжения МЦК: слева — схема МЦК, справа — диаграмма соотношения потребления и рекуперации на постах секционирования (их 4 на МЦК). Темное — рекуперация, светлое — потребление

Fig. 4. Power supply system of the Moscow Central Circle (MCC): on the left — diagram of the MCC, on the right — diagram of the ratio of consumption and recuperation at the sectioning posts (there are 4 of them at the MCC). Dark — recuperation, light — consumption

устремлений перехода к низкоуглеродному будущему. Основные характеристики ВСМ — безопасность, скорость, экологичность [2].

Следует отметить, что увеличению протяженности сети высокоскоростных железных дорог придают более важное значение, чем повышению скорости поездов [3], поскольку безопасность и экологичность при достигнутых сегодня скоростях имеют преимущественный удельный вес в синергетическом эффекте от ВСМ.

В связи с этим на основании п. 10.2 итогового заседания правления ОАО «РЖД» от 17–18 декабря 2014 г. проведена актуализация Программы организации скоростного и высокоскоростного железнодорожного сообщения в Российской Федерации на 2015–2030 гг.

В настоящее время на территории Российской Федерации функционируют три линии скоростного движения: Москва—Санкт-Петербург, Москва—Нижний Новгород, Санкт-Петербург—Бусловская (далее на Хельсинки).

В рамках Программы предусмотрена реализация 20 проектов организации скоростного и высокоскоростного железнодорожного сообщения, что позволит организовать более 50 скоростных маршрутов, по которым предполагается совершать не менее 84 млн поездов в год. Общая протяженность скоростных и высокоскоростных магистралей превысит 7000 км.

Рекуперация. Одной из ключевых технологий, приводящей к ощутимой экономии энергии на железно-

дорожном транспорте, является рекуперативное торможение электровозов и электропоездов. Повышение эффективности использования энергии рекуперации возможно за счет применения инновационных решений при проектировании и создании электроподвижного состава нового поколения, в т. ч. для ВСМ.

Кинетическая энергия движущихся поездов, пропорциональная сумме произведений квадратов их скоростей в момент начала торможения на массу, в настоящее время преимущественно не рекуперировается в сеть, а превращается в электрическую энергию, которая в процессе торможения выделяется в виде тепла в тормозных реостатах вагона электроподвижного состава или локомотива. Указанных недостатков можно избежать, оснастив систему тягового электроснабжения (СТЭ) накопителями энергии (НЭ), которые принимали бы избыточную энергию рекуперации при торможении с последующим возвратом ее в СТЭ при пуске и разгоне поездов. В данном случае, с одной стороны, экономится энергия, идущая на тягу поездов, с другой стороны, снижается нагрузка на тяговую подстанцию (ТП) [4]. Этому вопросу в ОАО РЖД придается большое значение. Так, в 2019 г. специалистами АО «ВНИИЖТ» и ОмГУПС (Омский государственный университет путей сообщения) было проведено научное исследование, посвященное вопросу повышения эффективности работы СТЭ Московского центрального кольца (МЦК) (рис. 4).

Цель исследования — изучение условий для оптимизации затрат ОАО «РЖД» на приобретение энергетических ресурсов (электроэнергии), необходимых для обеспечения пассажирских перевозок в границах МЦК, путем повышения энергетической эффективности СТЭ с учетом применения перспективных средств преобразования и накопления электроэнергии и организации мониторинга энергетической эффективности перевозочного процесса. В ходе выполнения научного исследования была сформирована система показателей, характеризующих энергетическую эффективность СТЭ МЦК, а также на основании результатов вычислительных экспериментов по оценке существующего уровня энергетической эффективности произведен расчет потенциала повышения энергоэффективности СТЭ МЦК в зависимости от применения перспективных средств преобразования и накопления электроэнергии [4].

В результате выполнения данного научного исследования был получен ряд выводов и сформирован перечень предложений по увеличению эффективности работы системы электроснабжения МЦК, в том числе за счет повышения эффективности использования энергии рекуперативного торможения эксплуатируемого электроподвижного состава. В частности, было выявлено, что наибольший объем использования энергии рекуперации достигается при реализации выпрямительно-инверторного преобразовательного агрегата на ТП Андроновка и накопителей электроэнергии на постах секционирования ПСК 270 и ПСК Черкизово (см. рис. 4). Из диаграммы видно, что на двух постах ток рекуперации больше, чем ток потребления, значит, накопитель надо ставить на этих постах.

Универсальным способом является объединение технологии накопления электрической энергии и технологии распределенной генерации. Таким образом они дополняют друг друга, а синергетический эффект от этого объединения расширит как область применения, так и эффективность работы. В случае МЦК — энергия рекуперации электроподвижного состава как раз является частным случаем автономного источника электроснабжения. Из представленных результатов проведенной работы видно, насколько эффективно может работать комплекс генерация — накопитель.

Как известно, у автономной генерации (ветровой, солнечной или иной) имеется недостаток: зависимость от суточных или погодных условий. Этот недостаток может быть минимизирован за счет интеграции с системой накопления энергии, которая способна сгладить пики потребления. При этом такая совместная система будет более универсальна, что позволит ее использовать в большом количестве случаев.

Приоритеты в области нетяговой энергетики. Использование альтернативных источников энергии наиболее целесообразно для населенных пунктов, находящихся

в зоне автономного энергоснабжения, а также территорий дефицитных энергосистем и населенных пунктов, находящихся в зонах с неблагоприятной экологической обстановкой, электроснабжение которых в настоящее время осуществляется от дизель-генераторов.

Конечно, эффективное использование альтернативных источников возможно только в регионах, обладающих такими ресурсами, например: Крым, Алтай, Калмыкия, которая, следует отметить, имеет ветроэнергетический потенциал в размере 300 МВт в год [3].

В контексте применения солнечной и ветрогенерации приоритетное внимание необходимо уделить региональному вопросу — определить, где эффективнее всего организовывать использование нетрадиционных источников энергии. Так, энергетические ветровые зоны в России расположены в основном на побережье морей и океанов. В свою очередь, потенциал солнечной энергии наиболее велик на Северном Кавказе, в районах Черного и Каспийского морей, в Южной Сибири и на Дальнем Востоке [1].

Отметим уже имеющийся пример использования ВИЭ. В настоящее время на крыше здания железнодорожного вокзала Анапы размещено 560 солнечных модулей, суммарная мощность которых составляет 70 кВт. Срок службы системы — 20 лет. С вводом в действие солнечных модулей здание вокзала в дневное время суток полностью независимо от внешних источников питания. При этом учитывается работа всех систем: освещение, кондиционирование, вентиляция, информационные табло, различные службы.

В перспективе — Сочи как один из самых благоприятных регионов России для внедрения методов солнечной генерации. Здесь достаточно высокая инсоляция — количество солнечной радиации, попадающей на поверхность Земли. Суммарная продолжительность солнечного сияния в год превышает 2000 ч. Солнечные батареи будут вырабатывать и направлять в общую энергетическую систему вокзала до 128 кВт·ч.

Совместные проекты ОАО «РЖД» и АО «Газпром». Картографическое сопоставление сети газопроводов и железных дорог показывает, что в Сибири и на Дальнем Востоке они проходят рядом. Существовал проект создания генерирующих станций, в котором предполагалось использование необходимости понижения давления природного газа в трубе. Газпром инициировал строительство двух таких станций, однако они не были построены. Даже в нынешних условиях существует огромный потенциал использования такого вида энергии, это может быть конкурентоспособным [1].

Сегодня, учитывая более чем 10-летний опыт применения детандер-генераторных агрегатов в России и СНГ и 20-летний — в странах Европы и Америке, можно говорить о повышении интереса к этому виду генерирующего оборудования.

Следует отметить инвестиционную привлекательность данного сегмента рынка. По разным оценкам, ресурс внедрения детандер-генераторных технологий в России и СНГ оценивается в 5000...8000 МВт в год. Для потребителей внедрение турбодетандерных агрегатов — это получение, прежде всего для собственных нужд, относительно дешевой, экологически чистой электроэнергии, для ПАО «Газпром» — экономия газа, для ОАО «РЖД» — возможность обеспечения автономного электроснабжения для нетяговых потребителей.

Кроме того, детандер-генераторы относятся к оборудованию, созданному по «бестопливным» технологиям, которые поддерживаются Киотским протоколом. (Данное оборудование используется для выработки электроэнергии (с получением холода) в технологических установках и на газораспределительных станциях при утилизации (регенерации) энергии сжатого газа.) Поэтому реализация этих проектов может осуществляться с привлечением средств, полученных от продажи квот на эмиссию парниковых газов [5].

Тепловые насосы. Нельзя не отметить и очевидные перспективы применения теплонасосных установок (ТНУ) как энергосберегающей технологии, позволяющей частично вытеснить органическое топливо и обеспечить теплоснабжение с минимальными затратами первичной энергии. Им уделяется достаточно много внимания специалистами зарубежных, а также отечественных исследовательских организаций и промышленных фирм.

В проекте Энергетической стратегии России на период до 2035 г., разработанном во исполнение поручения Президента Российской Федерации от 06.07.2013 г. № Пр-1417, ТНУ рассматриваются как эффективные энергетические системы будущего [6].

ТНУ представляет собой техническое устройство, позволяющее забирать тепло из низкопотенциальных источников теплоты — природных (вода, грунт, воздух) или постоянного техногенного и, затрачивая некоторую энергию на свою работу, преобразовывать его в тепловую энергию среднего потенциала, пригодную для потребителей. Затрачивая 1 кВт электрической мощности в приводе современной компрессионной ТНУ, можно получить 3–4 кВт тепловой мощности, а при определенных условиях и до 5–6 кВт.

Тепловые, энергетические и экономические характеристики ТНУ существенно зависят от характеристик низкопотенциального источника теплоты, который в большинстве случаев является ключевым фактором, определяющим ее эксплуатационные характеристики. Чем выше теплота низкопотенциального источника, тем эффективнее работа ТНУ.

В таблице приведены температурные показатели, типичные для наиболее распространенных источников тепла [7].

Температурный уровень, характерный для основных источников тепла, используемых в системах на основе тепловых насосов в режиме отопления [7]
Temperature level typical for the main heat sources used in heat pump systems in heating mode [7]

№ п/п	Источник тепла	Температурный диапазон, °С
1	Наружный воздух	–10÷15
2	Отводимый использованный воздух	15÷25
3	Подпочвенная вода	4÷10
4	Озерная вода	0÷10
5	Речная вода	0÷10
6	Морская вода	3÷8
7	Грунт	0÷10
8	Грунтовые воды	>10
9	Геотермальная вода	20÷50

На железнодорожном транспорте пилотные проекты с ТНУ для целей теплоснабжения различных стационарных объектов начали внедряться со второго десятилетия XXI в. Основным типом ТНУ явились парокомпрессионные установки производства Германии и Японии. В качестве низкопотенциальных источников теплоты использовался грунт, наружный воздух, в меньшей степени — вторичные энергетические ресурсы. Полигоны внедрения: Калининградская, Октябрьская, Московская, Юго-Восточная и Северо-Кавказская железные дороги. Объекты — производственные и офисные здания, вокзалы, материальные склады. Подтвердили свою эффективность проекты применения ТНУ, присущие специфике железных дорог: обогрев стрелочных переводов от грунта, реализованный на Октябрьской железной дороге, использование тепла от компрессоров горючих комплексов для обогрева постов электрической централизации — на Московской железной дороге [8] и тепла трансформаторов тяговых подстанций для собственных нужд.

Реализация пилотных проектов позволила выявить ряд ограничений для широкого применения ТНУ. Прежде всего, это их высокая цена, поскольку приобретались импортные ТНУ (отечественного производства налажено не было), а также существенная стоимость монтажных и пуско-наладочных работ, особенно при использовании грунта. Здесь следует отметить, что при равных условиях монтаж системы с ТНУ дороже стоимости монтажа системы теплоснабжения от котла более чем в 2,5 раза. Из-за того, что удельные капиталовложения в ТНУ существенно выше, чем для альтернативных систем теплоснабжения, они устанавливались лишь на часть расчетной отопительной нагрузки с покрытием пиковой тепловой нагрузки от более дешевой системы тепло-

снабжения. Срок окупаемости ТНУ от 7 до 12 лет. Вместе с тем средний срок службы установок составляет порядка 30 лет, что позволяет говорить о целесообразности их применения.

В последние годы за рубежом и в России производятся ТНУ нового поколения, в основе которых лежит использование в качестве рабочего тела пары веществ: раствор абсорбента—хладон. В настоящее время в основном применяют пару веществ: раствор бромистого лития ($\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$)—вода (H_2O). Что касается тренда в части замены традиционных стабильных хладагентов группы гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ), например R22, на заменители из группы гидрофторуглеродов (ГФУ), таких как R134a и др., следует отметить, что будучи экологически безопасными, они тем не менее не являются альтернативами ГХФУ, поскольку нестабильны и не позволяют осуществлять рецикл для повторного использования при ревизии или ремонте ТНУ.

Сегодня на российских предприятиях налажен выпуск отечественных, менее дорогих, чем импортные, моделей ТНУ. Использование ТНУ во всех отраслях промышленности экономически целесообразно, учитывая постоянный рост тарифов на электрическую и тепловую энергию. Поэтому и на железнодорожном транспорте нужно расширять арсенал применения теплонасосных технологий.

К основным рекомендациям для применения ТНУ в ОАО «РЖД» необходимо отнести следующие:

1. ТНУ, использующие в качестве низкопотенциального источника теплоты грунт, следует применять в средней полосе и южных регионах страны, поскольку эффективность их потенциала увеличивается с севера на юг [9].

2. ТНУ, использующие в качестве низкопотенциального источника теплоты воздух, целесообразнее применять по бивалентной схеме, т. е. совместно с дополнительным источником тепловой энергии — например, с установкой «теплого пола» или с иным, более дешевым источником обогрева.

3. Представляется целесообразным разнообразнее и эффективнее использовать присущее специфике железнодорожного транспорта многообразие технологических источников теплоты, температура которых стабильна и не зависит от погодных условий [10].

Разработки технических решений с использованием теплоты технологических процессов на железнодорожном транспорте явились катализатором для разработки и применения ТНУ в метрополитене. Их начали внедрять на ряде станций московского метро, и перспектива таких решений очевидна, так как метрополитены различных городов мира имеют схожую конструкцию [11].

Все рассмотренные в статье научно обоснованные технические решения и технологии являются эф-

фективными для железнодорожного транспорта, они внесены в Энергетическую стратегию ОАО «РЖД» [12]. Их последовательная реализация позволит существенно увеличить привлекательность компании в области энергоэффективности, экологии, усиливая таким образом конкуренцию с другими видами транспорта.

Выводы. 1. Роль альтернативных источников энергии на железнодорожном транспорте постоянно возрастает. ОАО «РЖД» активно развивает новые технические решения и технологии в этой области.

2. Эффективность использования альтернативных источников энергии в ОАО «РЖД» во многом определяется научным подходом, позволяющим на основании имеющегося собственного опыта или опыта внедрения инноваций в смежных отраслях определить место, время и степень их реализации с учетом технических и технологических особенностей производственных процессов, присущих конкретному структурному подразделению компании.

3. Среди инновационных технических решений на железнодорожном транспорте наиболее приоритетными являются решения, направленные на развитие высокоскоростных магистралей, систем рекуперации, а также теплонасосных технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ трендов развития электрогенерации и оценка перспектив применения инновационных энергоэффективных технологий на транспорте / А. Б. Косарев [и др.] // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». 2018. № 3. С. 11–22.
2. Косарев А. Б., Барч А. В., Розенберг Е. Н. Обеспечение электробезопасности систем электроснабжения электрифицированных железных дорог переменного тока для линий ВСМ // Вестник ВНИИЖТ. 2018. Т. 77. № 6. С. 337–346. DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2018-77-6-337-346>.
3. Касатов А. О., Злотников Д. Д., Стебелев И. С. Использование альтернативных систем электроснабжения на железнодорожном транспорте [Электронный ресурс] // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки. № 11 (82): LXXXIII студ. междунар. науч.-практ. конф.: сб. ст. Новосибирск, 2019. С. 165–170. URL: [https://sibac.info/archive/technic/11\(82\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/11(82).pdf) (дата обращения: 18.05.2020 г.).
4. Накопители электрической энергии в системе тягового электроснабжения железных дорог постоянного тока / И. А. Ребров [и др.] // Интеллектуальная энергетика на транспорте и в промышленности: материалы Всерос. молодеж. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Омск, 4–5 окт. 2018 г.). Омск, 2018. С. 67–80.
5. Белошицкий М. В. Выработка электроэнергии на детандер-генераторных установках [Электронный ресурс]. URL: <http://www.turbine-diesel.ru/node/4619> (дата обращения: 02.08.2020 г.).
6. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года [Электронный ресурс]: проект (поручение Президента Российской Федерации от 06.07.2013 г. № Пр-1471). URL: http://www.energystrategy.ru/ab_ins/source/ES-035_09_2015.pdf (дата обращения: 04.08.2020 г.).
7. Папин В. В., Ефимов Н. Н. Перспективы использования тепловых насосов в энергетике [Электронный ресурс]. URL: <http://>

don-tech.ru/wp-content/uploads/2014/05/Perspektivy-ispolzovaniya-TN.pdf (дата обращения: 04.08.2020 г.).

8. Перспективы использования тепловых насосов на горочных комплексах железных дорог / С. Н. Науменко [и др.] // Вестник ВНИИЖТ. 2012. № 4. С. 25–29.

9. Филиппов С. П., Дильман М. Д., Ионов М. С. Перспективы применения тепловых насосов в России // Энергосовет. 2011. № 5 (18). С. 42–45.

10. Потенциал использования тепловых насосов для тепло-снабжения станций метрополитена / С. Н. Науменко [и др.] // Вестник ВНИИЖТ. 2018. Т. 77. № 4. С. 200–204. DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2018-77-4-200-204>.

11. Use and control of heat flows in ventilation shafts of subways with thermal power generation / A. V. Barch [et al.] // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 239: Siberian Transport Forum – TransSiberia 2018. 01045. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823901045>.

12. Энергетическая стратегия холдинга ОАО «РЖД» на период до 2015 года и на перспективу до 2030 года: [Электронный ресурс]. URL: http://www.rzd-expo.ru/doc/Energ_Strateg_new.pdf (дата обращения: 04.08.2020 г.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

КОСАРЕВ Александр Борисович,
д-р техн. наук, профессор, первый заместитель
Генерального директора АО «ВНИИЖТ»

РЕБРОВ Илья Алексеевич,
заместитель директора, Центр электрификации
и теплоэнергетики (ЦЭТ), АО «ВНИИЖТ»

НАУМЕНКО Сергей Николаевич,
д-р техн. наук, начальник отдела, Центр электрификации
и теплоэнергетики (ЦЭТ), АО «ВНИИЖТ»

БАРЧ Анна Владимировна,
заместитель начальника, Центр научно-технических
компетенций в области электрификации и электроснабжения
железных дорог (ЦНТКЭ), АО «ВНИИЖТ»

Статья поступила в редакцию 07.08.2020 г., принята к публикации
30.09.2020 г.

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

Scientific priorities for the use of alternative energy sources in railway transport

A. B. KOSAREV, I. A. REBROV, S. N. NAUMENKO, A. V. BARCH

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

Abstract. Alternative energy sources, mostly related to "green" energy, are one of the promising trends in the development of energy generation, including for the global railway sector. This is due, firstly, to its desire to preserve its environmental advantages by reducing carbon dioxide emissions into the environment and increasing energy efficiency, and secondly, to a reduction in the use of such sources as oil and coal as fuel resources in the coming decades.

In a world where 95 % of motorized vehicles use oil as fuel, the greenhouse gas emissions per passenger-kilometer for rail transport are five times less than for road transport and 20 times less than for air transport. Therefore, one of the key tasks in the development of railway transport is the creation of high-speed highways that will serve as an alternative to road and air communications over short distances.

In addition to the well-known alternative energy technologies, the railway transport traditionally conducts scientific research to improve energy-saving technologies, which include the use of excess recuperation energy when rolling stock braking.

Also, projects for the use of renewable energy sources — heat pump installations — have proved their effectiveness in railway transport: heating switches from the ground, use of heat from compressors of hill complexes to heat electrical centralization posts and heat transformers of traction substations for its own needs.

The role of alternative energy sources in railway transport is constantly growing. The efficiency of using alternative energy sources at the Russian Railways is largely determined by a scientific approach that allows, based on own experience or experience in introducing innovations in related industries, to determine the place, time and degree of their implementation, taking into account technical and technological features of production processes inherent in a particular structural unit companies. Among the innovative technical solutions in railway transport, the most priority ones are solutions aimed at the development of high-speed lines, recuperation systems, as well as heat pump technologies.

Keywords: power supply; high-speed railway; energy efficiency; energy saving technologies; alternative energy sources; ecology

DOI: <https://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2020-79-5-293-300>

REFERENCES

1. Kosarev A. B., Naumenko S. N., Zarucheskiiy A. V., Rebrov I. A. *Analiz trendov razvitiya elektrogneratsii i otsenka perspektiv primeneniya innovatsionnykh energoefektivnykh tekhnologiy na transporte* [Analysis of trends in the development of power generation and assessment of the prospects for the use of innovative energy-efficient technologies in transport]. Byulleten' Ob"edinennogo uchenogo soveta OAO "RZhD" [Bulletin of the Joint Scientific Council of Russian Railways], 2018, no. 3, pp. 11–22.
2. Kosarev A. B., Barch A. V., Rozenberg E. N. *Obespechenie elektrobezopasnosti sistem elektrosnabzheniya elektrifitsirovannykh zheleznykh dorog peremennogo toka dlya liniy VSM* [Ensuring electrical safety of power supply systems of electrified AC railways for high-speed lines]. Vestnik VNIIZHT [Vestnik of the Railway Research Institute], 2018, Vol. 77, no. 6, pp. 337–346. DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2018-77-6-337-346>.
3. Kasatov A. O., Zlotnikov D. D., Stebelev I. S. *Ispol'zovanie al'ternativnykh sistem elektrosnabzheniya na zheleznodorozhnom transporte* [Using alternative power supply systems on railway transport]. Nauchnoe soobshchestvo studentov XXI stoletiya. Tekhnicheskie nauki. № 11 (82): LXXXIII stud. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Sb. st. [Scientific community of students of the XXI century. Technical science. No. 11 (82): LXXXIII student inter. scientific and practical conf. Coll. of articles]. Novosibirsk, 2019, pp. 165–170. URL: [https://sibac.info/archive/technic/11\(82\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/11(82).pdf) (retrieved on 18.05.2020).
4. Rebrov I. A., Shevlyugin M. V., Kotelnikov A. V., Ermolenko D. V. *Nakopiteli elektricheskoy energii v sisteme tyagovogo elektrosnabzheniya zheleznykh dorog postoyannogo toka* [Electric energy

storage units in the traction power supply system of DC railways]. *Intellektual'naya energetika na transporte i v promyshlennosti: materialy Vseros. molodezh. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem* (Omsk, 4–5 oktyabrya 2018 g.) [Intelligent energy in transport and industry: materials of the All-Russian youth scientific and practical conf. with inter. participation (Omsk, October 4–5, 2018)]. Omsk, 2018, pp. 67–80.

5. Beloshitskiy M. V. *Vyrabotka elektroenergii na detander-generatornykh ustanovkakh* [Electricity production at detander-generator installations]. URL: <http://www.turbine-diesel.ru/node/4619> (retrieved on 02.08.2020) (in Russ.).

6. *Energeticheskaya strategiya Rossii na period do 2035 goda* [Energy strategy of Russia for the period up to 2035]: proekt (poruchenie Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 6 iyulya 2013 g. No. Pr-1471) [draft (instruction of the President of the Russian Federation dated July 6, 2013 No. Pr-1471)]. URL: http://www.energiystrategiya.ru/ab_ins/source/ES-035_09_2015.pdf (retrieved on 04.08.2020) (in Russ.).

7. Papin V. V., Efimov N. N. *Perspektivy ispol'zovaniya teplovyykh nasosov v energetike* [Prospects for the use of heat pumps in power engineering]. URL: <http://don-tech.ru/wp-content/uploads/2014/05/Perspektivy-ispolzovaniya-TN.pdf> (retrieved on 04.08.2020) (in Russ.).

8. Naumenko S. N., Minaev B. N., Filippov M. D., Kostin N. M. *Perspektivy ispol'zovaniya teplovyykh nasosov na gorochnykh kompleksakh zheleznykh dorog* [Outlooks of use of heat pumps at railway hump systems]. *Vestnik VNIIZhT* [Vestnik of the Railway Research Institute], 2012, no. 4, pp. 25–29.

9. Filippov S. P., Dil'man M. D., Ionov M. S. *Perspektivy primeneniya teplovyykh nasosov v Rossii* [Prospects for the use of heat pumps in Russia]. *Energosovet*, 2011, no. 5 (18), pp. 42–45.

10. Naumenko S. N., Minaev B. N., Rebrov I. A., Gusev G. B. *Potentsial ispol'zovaniya teplovyykh nasosov dlya teplosnabzheniya*

■ E-mail: barch.anna@vniizht.ru (A. V. Barch)

stantsiy metropolitena [Potential for the use of heat pumps for heat supply of metro stations]. *Vestnik VNIIZhT* [Vestnik of the Railway Research Institute], 2018, Vol. 77, no. 4, pp. 200–204. DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2018-77-4-200-204>.

11. Barch A. V., Naumenko S. N., Kotel'nikov A. V., Muginshstein L. A. *Use and control of heat flows in ventilation shafts of subways with thermal power generation*. MATEC Web of Conferences, 2018, Vol. 239: Siberian Transport Forum — TransSiberia 2018, 01045. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823901045>.

12. *Energeticheskaya strategiya kholdinga OAO "RZhD" na period do 2015 goda i na perspektivu do 2030 goda* [Energy strategy of the Russian Railways holding company for the period up to 2015 and for the future until 2030]. URL: http://www.rzd-expo.ru/doc/Energ_Strateg_new.pdf (retrieved on 04.08.2020) (in Russ.).

ABOUT THE AUTHORS

Alexander B. KOSAREV,

Dr. Sci. (Eng.), Professor, first Deputy General Director, JSC "VNIIZHT"

Il'ya A. REBROV,

Deputy Director, Center for Electrification and Heat Power Engineering (TsET), JSC "VNIIZHT"

Sergey N. NAUMENKO,

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

Anna V. BARCH,

Deputy Head of the Department, Center for Scientific and Technical Competence in the Field of Railway Electrification and Electricity Supply (TsNTKE), JSC "VNIIZHT"

Received 07.08.2020

Accepted 30.09.2020

For citation: Kosarev A. B., Rebrov I. A., Naumenko S. N., Barch A. V. Scientific priorities for the use of alternative energy sources in railway transport // *VNIIZHT Scientific Journal*. 2020. 79 (5): 293–300 (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2020-79-5-293-300>.

ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

ЭЛЕКТРОННЫЕ ВЕРСИИ СТАТЕЙ ЖУРНАЛА В ОТКРЫТОМ ДОСТУПЕ

На сайте www.elibrary.ru открыт доступ к электронным версиям статей, опубликованных в научно-техническом журнале «Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта».

Для работы с фондами библиотеки пользователю необходимо самостоятельно зарегистрироваться, заполнив регистрационную форму на главной странице eLibrary.ru. Доступ возможен по Вашему логину и паролю с любого компьютера, имеющего выход в интернет.

Материалы журнала, размещенные на сайте Научной электронной библиотеки для свободного использования, допускается использовать, копировать, цитировать исключительно в некоммерческих целях с соблюдением соответствующих положений действующего авторского законодательства (Гражданский кодекс РФ от 18.12.2006 № 230-ФЗ, Часть IV; Глава 70 «Авторское право») с обязательным указанием имени автора/ов произведения и источника заимствования.

На сайте журнала www.journal-vniizht.ru контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.