

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2023, Том 15, № s4 / 2023, Vol. 15, Iss. s4 <https://esj.today/issue-s4-2023.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/01FAVN423.pdf>

5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Абрамян, А. Э. Оценка привлекательности использования альтернативных источников энергии на железнодорожном транспорте / А. Э. Абрамян, Н. В. Капустина, Еремеева А. Е. // Вестник евразийской науки. — 2023. — Т. 15. — № s4. — URL: <https://esj.today/PDF/01FAVN423.pdf>

For citation:

Abrahamyan A.E., Kapustina N.V., Eremeeva A.E. Assessment of the attractiveness of using alternative energy sources in railway transport. *The Eurasian Scientific Journal*. 2023; 15(s4): 01FAVN423. Available at: <https://esj.today/PDF/01FAVN423.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.)

УДК 338

Абрамян Артур Эдикович

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», Москва, Россия
Аспирант
Управление Федеральной службы, государственной регистрации,
кадастра и картографии по Московской области, Москва, Россия
Главный специалист-эксперт
E-mail: abramyanae@to50reg.ru; art.abramian2015@yandex.ru

Капустина Надежда Валерьевна

ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», Москва, Россия
Институт экономической политики и проблем экономической безопасности
Ведущий научный сотрудник
Доктор экономических наук, доцент
E-mail: NVKapustina@fa.ru

Еремеева Анастасия Евгеньевна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени
К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)», Москва, Россия
E-mail: Anastasia-eremeeva0601@yandex.ru

Оценка привлекательности использования альтернативных источников энергии на железнодорожном транспорте

Аннотация. Среди множества прорывных технологий особая роль в развитии отраслей экономики отведена идее использования альтернативных и возобновляемых источников энергии в сфере железнодорожного транспорта. В процессе проведения научно-исследовательской работы автором уточнен категориально-понятийный аппарат для определения традиционных и альтернативных (возобновляемых) источников энергии. Приведена общепринятая классификация возобновляемых источников энергии в мировой практике. Анализ отечественного и зарубежного опыта использования альтернативных источников энергии на железнодорожном транспорте показал, что большинство зарубежных стран активно внедряют новейшие технологические решения, направленные на совершенствование процесса перевозок и снижения негативного воздействия на окружающую среду путем использования зеленой энергетики на транспорте. На основании этого, сделан вывод о том, что внедрение альтернативных источников энергии, базирующееся на водородных топливных элементах и аккумуляторных батареях сегодня составляет текущий тренд транспортной отрасли во всём

мире, который сохранит свою актуальность в течение многих десятилетий. Автором оцениваются перспективы использования возобновляемых источников энергии и прочих прорывных технологий в секторе отечественного железнодорожного транспорта. Рассмотрены современные разработки ОАО «РЖД» в направлении прорывных технологий энергообеспечения. На основе статистических показателей использования ОАО «РЖД» чистой энергии сделан вывод о конкурентоспособности и экологическом преимуществе внедрения в России зеленых технологий. По результатам научно-исследовательской работы автором проведен экспертный расчет экономической эффективности инвестиций и основных показателей эффективности проекта внедрения водородного поезда на российском железнодорожном транспорте, по результатам которого подтверждена целесообразность и эффективность перевода железнодорожного транспорта на альтернативные источники энергии.

Ключевые слова: возобновляемые и нетрадиционные источники энергии; водородное топливо; аккумуляторные батареи; прорывные технологии; окружающая среда; зеленая энергетика; транспортная отрасль

Введение

Важным звеном общественного производства во все времена является энергообеспечение, которое удовлетворяет участников производства по стоимостным и качественным характеристикам. Использование такого энергообеспечения служит предпосылкой и определяющим фактором экономического роста предприятия и отрасли.

Рассматривая любой исторический период развития общества, прослеживается тесная взаимосвязь между развитием энергетической отрасли и научно-техническим прогрессом. Использование тех или иных источников энергообеспечения возможно с тем условием, что для их потребления создано специальное техническое оборудование.

На закате 19 века человечество изобрело бензиновый и дизельный двигатель внутреннего сгорания, которые заложили фундамент процессу массовой моторизации, модернизации водного и железнодорожного транспорта, появлению автомобильного и авиационного видов транспорта, разработке новых машин и механизмов, использующих двигатели внутреннего сгорания. В результате этих явлений произошло резкое увеличение уровня использования и добычи нефтяного сырьевого ресурса. Нефтяное сырье отличалось высокими энергетическими характеристиками и относительной простотой переработки во всевозможные моторные и котельно-печные топлива, смазочные средства [1].

Позднее, во многих мировых державах наряду с активно развивающейся нефтяной промышленностью становится повсеместным добыча и переработка природного газа. Природный газ зарекомендовал себя как эффективное и экологически чистое топливо для выработки тепловой и электрической энергии, а также как подходящее сырье для химического производства.

Появление новых источников энергии не вытесняло старые из оборота, а лишь отодвигало их на второй план, давая возможность оставаться востребованными в тех сферах потребления, где это было экономически эффективным. В следствие этого зародилась тенденция в мировой энергетике — применение разнообразных по структуре и сфере применения энергетических ресурсов.

Целью научного исследования является обоснование целесообразности и высокой значимости внедрения зарубежных, а также развитие собственных технологических разработок в сфере применения альтернативных и возобновляемых источников энергии на отечественном транспорте.

1. Методы и материалы

В целях всестороннего и глубокого анализа исследуемой проблемы автором используются общенаучные и эмпирические методы исследования, такие как: классификация, сравнение, описание, системный подход, моделирование.

В процессе научного исследования автором решаются следующие задачи:

- проведен анализа отечественного и зарубежного опыта использования и разработок альтернативных и возобновляемых источников энергии;
- дана оценка возможных перспектив применения технологических разработок в российском железнодорожном транспорте;
- осуществлен расчет экономической эффективности инвестиций в развитие использования альтернативных источников энергии на российском железнодорожном транспорте на примере проекта запуска водородных поездов на Сахалине.

Исследование основывается на теоретических и методологических положениях, разработанных отечественными авторами, в частности Лapidус Б.М. [2], Крячко Е.В. [3], Кудрявцевой А.В. [4], Шевлюгиным М.В.¹, и другими.

2. Результаты и обсуждения

Одним из крупнейших потребителей энергетических ресурсов по праву считается транспорт. Уже во второй половине 20 века на долю транспортной отрасли приходилось приблизительно 29 % потребления энергоресурсов. Нефть удовлетворяла 97–99 % энергопотребления всех видов транспорта. По наблюдениям специалистов, доля моторных топлив, используемых транспортными средствами в большинстве капиталистических стран, достигало 49–50 % общего потребления нефтяных продуктов.²

Ограниченные запасы нефти и специфика локализации нефтяных зарождений при ежегодно растущем уровне объёма добычи, а также невысокое качество нефтяного сырья на открываемых месторождениях привели к росту затрат на их разработку. Начинается процесс изменения структуры топливно-энергетического баланса в экономике. Происходит перевод большинства потребителей энергии с жидкого на твердое и газообразное топливо без особых крупных затрат и технических препятствий. В транспортной сфере острота энергетической ситуации оставалась в связи с зависимостью транспорта от нефтепродуктов.

Специалисты мировой энергетики прогнозировали в новом столетии сохранение роли двигателей внутреннего сгорания в транспортной отрасли. Нефтяное сырье будет долгое время продолжать иметь важное значение в ресурсообеспечении транспортных средств.

С начала 21 века в развитых странах активно проводятся исследования в области изготовления и использования альтернативных моторных топлив. Учеными и производителями было предложено множество различных методов получения и применения большого спектра таких альтернатив. В качестве основных направлений исследований в этой области рассматривались пути расширения сырьевой базы, поиск энергоэффективных топливных

¹ Шевлюгин М.В. Энергосберегающие технологии на железнодорожном транспорте и метрополитенах, реализуемые с использованием накопителей энергии, автореферат дис. ... доктора технических наук // Москва. — 2013.

² Александров И.М., Байков Н.М., Бесчинский А.А. Глобальная энергетическая проблема. / и др. М.: Мысль, 1985. 239 с.

ресурсов и рационализация их использования. Таким образом, подготавливались все условия для возможной замены топлива, производимого из нефтяного сырья.

Исходя из положений Международной конференции по энергетическим ресурсам 1979 г., а также XI Мирового нефтяного конгресса, отечественными учеными Г.А. Терентьевым, В.М. Тюковым, Ф.В. Смалем к традиционным ресурсам для изготовления топлива отнесены легкие и средние виды углеводородов из сырой нефти. К категории альтернативных ресурсов для производства моторного топлива отнесены тяжелые нефти, природные битумы, каменные и бурые угли, горючие сланцы, природный газ, коксовый, доменный, генераторный газы, биомасса.

Специалисты Ростовского государственного университета путей сообщения Риполь-Сарагоси Т.Л. и Кууск А.Б. отмечают влияние фактора загрязнения окружающей среды на дальнейшее развитие традиционных источников энергии. Во время сгорания различных видов органического топлива атмосферу, а также поверхность земли и водные ресурсы загрязняют вредные выбросы. В истории также имеются примеры катастрофических бедствий, являющихся последствиями аварий на атомных электростанциях. Эти и другие факторы подвели человечество к использованию нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Специалисты описывают традиционные источники энергии, как природные вещества и материалы, возможным использованием которых является производство энергии. В отличие от возобновляемых источников энергии, энергия традиционных источников в природе находится в связанном состоянии и высвобождается в результате определенных человеческих действий. К традиционным источникам Риполь-Сарагоси Т.Л. и Кууск А.Б. относят различные типы органического топлива, ядерное топливо и энергию потока речной воды [5].

Результаты многочисленных прогнозов говорят о том, что в недалеком будущем значительная часть энергопотребления будет удовлетворяться за счет использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Данные источники возникают на основе потоков энергии, которые существуют постоянно или возникают периодически в окружающей среде.

3. Современные тенденции использования альтернативной энергетики на железнодорожном транспорте

Для того, чтобы в 2023 году определить перспективы использования нетрадиционного энергообеспечения в железнодорожной отрасли, проанализируем сложившиеся тенденции в мировой и Российской практике.

Исчерпание и неравномерное распределение дешевых запасов углеводородного сырья позволило ученым спрогнозировать рост спроса на электричество до 70 % в период до 2040 года [6; 7].

В ряде Европейских стран, где сегодня приблизительно 20 % железнодорожных перевозок выполняется на дизельной тяге, всё чаще возникают настроения постепенно заменить тепловозы и дизель-поезда на более экологический подвижной состав.

Помимо традиционной системы электроснабжения от контактных проводов и контактных рельсов, современными альтернативными вариантами является использование водородных топливных элементов и тяговых аккумуляторов для питания железнодорожного транспорта. Имеют место также и гибридные разработки — дизель-контактный и дизель-аккумуляторный подвижной состав, при эксплуатации которых выбросы углекислого газа присутствуют, но значительно меньше, чем у традиционной системы электроснабжения.

С 2018 года в немецкой Нижней Саксонии в эксплуатации находятся два моторвагонных поезда Coradia iLint, произведенных Французской компанией Alstom, с питанием от водородных топливных элементов. Остальные регионы Германии также проявляют интерес к инновационным видам поездов. Заказы на новые поезда кратно увеличиваются от к году к году по всей стране. Например, к концу 2022 года количество таких поездов в провинции Рейн-Майн достигнет 27 единиц. Сами инженеры Alstom позиционируют Coradia iLint как первый в мире пассажирский поезд, работающий на водородном топливе и вырабатывающий электроэнергию для тяги. При передвижении поезд демонстрирует нулевые значения уровня выбросов и минимальный уровень шума, выпуская при этом только пар и конденсированную воду в качестве выхлопных газов.

Инновационными составляющими iLint являются такие элементы, как экологически чистое преобразование энергии, рациональное хранение энергии в батареях и интеллектуальное управление тяговой силой и свободной энергией. Данный проект активно поддерживается Министерством экономики и мобильности Германии. Само финансирование осуществлялось непосредственно правительством Германии в рамках реализации Национальной программы инноваций в области технологий водородных и топливных элементов.

Общая функциональная схема поезда представлена на рисунке 1:

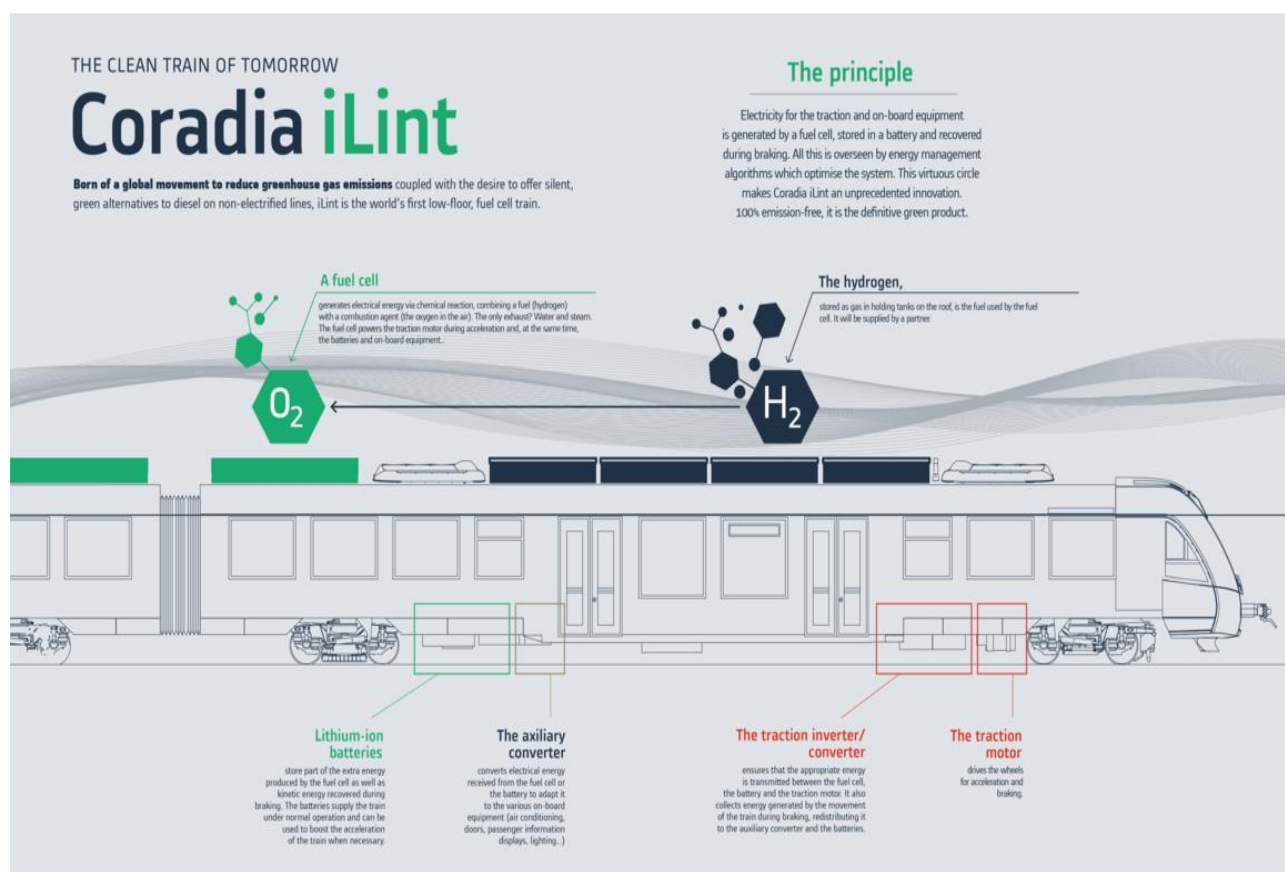


Рисунок 1. Функциональная схема поезда Coradia iLint [6; 7]

При получении водородного топлива принято различать тип водорода по цветовой гамме, в зависимости от специфики используемого источника энергии и показателей выбросов углекислого газа. Специалист-эксперт Торгового представительства РФ в ФРГ Тягусов М.М. приводит следующую классификацию основных видов водорода, представленную в таблице 1:

Таблица 1

**Классификация видов водородного топлива
в зависимости от источника энергии и его экологических характеристик**

Зеленый водород	Производится путем электролиза воды. Для процесса электролиза используется только электроэнергия возобновляемых источников, благодаря чему в процессе получения водорода не выделяется CO ₂
Серый водород	Производится из ископаемого сырья. Под воздействием тепла природный газ преобразуется в водород и CO ₂ , после чего CO ₂ выбрасывается в атмосферу, усиливая глобальный парниковый эффект. От производства 1 т водорода выделяется 10 т CO ₂
Голубой водород	Получение голубого водорода аналогично серому. Различие заключается в улавливании и хранении CO ₂ при производстве, избегая негативных выбросов в атмосферу.
Бирюзовый водород	Получают путем термического деления метана. Вместо CO ₂ происходит образование твердого углерода. Процесс считается углеродно-нейтральным в связи с подачей тепла, выделяемого из возобновляемых источников энергии в высокотемпературный реактор.

Источник ³

Мировой общественности стало известно о финансировании министерством экономики и энергетики Германии проекта разработки гибридного поезда Flirt Akku от компании Stadler, снабженного тяговыми аккумуляторами для использования на неэлектрифицированных участках. Максимальная дальность прохождения дистанции на участках без электричества достигает 185 км.

В то же время решение об эксплуатации водородного поезда Alstom Coradia iLint принято в Австрии. После трехмесячного тестирования поезда на 4 региональных линиях страны Австрия становится второй европейской страной, одоббившей использование Coradia iLint и сделав важный шаг на пути к использованию зеленой альтернативы дизельным поездам.

Сложившуюся тенденцию поддержали Нидерланды, запланировавшие ввод в регулярную эксплуатацию всё те же пассажирские водородные поезда компании Alstom в 2021 году на маршрутном участке Гронинген-Стадсканал. В ходе тестирования водородных поездов специалисты из Нидерландов отметили их тихую работу и быструю зарядку, в следствие чего принято решение о замене дизельного подвижного состава.

Намерение перейти на водородные поезда в ближайшие 20 лет заявил госсекретарь Франции по вопросам транспорта — Жан-Батист Джеббари. Для региона Бургундия-Франш-Конте сделан большой заказ водородных поездов Coradia iLint на сумму 52 млн евро.

В Португалии, совместными усилиями Университета Порту, Португальской ассоциации по продвижению водорода и компаний производителей CaetanoBus и NomadTech запланирован запуск водородных поездов на узкоколейных железных дорогах. Испытание первого поезда пройдет в 2023 году на маршруте Авейру-Сернада-да-Вуга.

В конце 2019 года администрацией округа Сан-Бернардино, Калифорния, США, заключен договор на поставку поезда, работающего на топливных элементах с компанией Stadler. Запуск в эксплуатацию запланирован на 2024 год и послужит для США новым опытом использования энергетических технологий. Поезд спроектирован таким образом, чтобы батареи топливных элементов и запас водорода находились в центре трёх-секционного состава.

³ Риполь-Сарагоси Т.Л., Кууск А.Б. Возобновляемые и нетрадиционные источники энергии Учебно-методическое пособие // Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т. путей сообщения. — 2019.

В Северной Америке интерес к переходу на водородные поезда также проявляет Канада. В 2020 году разработан и опубликован стратегический план использования водорода под названием Hydrogen Strategy for Canada, содержащий план мероприятий по переходу железнодорожного транспорта на экологически чистое топливо.

Тенденция к переходу на альтернативные источники питания прослеживается и на грузовом железнодорожном транспорте. Грузовой подвижной состав активно модернизируется в таких странах, как Япония, Канада, Китай, США, Украина, Польша.

Европейской консалтинговой компанией Roland Berger в 2019 году проведен сравнительный анализ технических характеристик топливных элементов и тяговых аккумуляторов для оценки преимуществ каждого из них. Для объективной оценки показателей выбросов углеродных соединений было проведено дополнительное исследование эффективности использования первоначального сырья и загрязняющих выбросов. Результаты проведенного исследования обобщены автором в таблице 2.

Таблица 2

Сравнительный анализ преимуществ альтернативной тяги

Источники энергии	Основные преимущества	Варианты применения
Аккумуляторные батареи	Простой способ зарядки от токоприемника на оборудованных контактной сетью участках. Не высокие требования в дополнительной инфраструктуре.	Маневровая работа на станциях со значительным простоем.
Топливные элементы	Значительно большая дистанция пробега, чем у аккумуляторных батарей. Возможна заправка большого количества поездов. Заправка водородом занимает меньше времени, чем зарядка аккумуляторов.	Маневрово-вывозная работа при дальности пробега не более 200 км. Магистральные локомотивы и моторвагонные поезда для маршрутов с высокой протяженностью неэлектрифицированных отрезков пути. Беспрепятственное сообщение через границы стран, применяющих различные системы тягового электроснабжения.
Контактная сеть	Высокая доступная мощность. Процесс рекуперации энергии без необходимости накопления. Минимальные габариты и вес по сравнению с аккумуляторными батареями и резервуарами с водородом. При эксплуатации большого количества поездов высокие показатели экономичности.	Высокоскоростные линии. Применение на тяжеловесных и длинносоставных грузовых поездах. Пассажирские перевозки при частоте более 2 поездов в час.

Источник [8]

В результате проведенного исследования сделаны выводы, что топливные элементы способны обеспечивать прохождение большой дистанции без подзарядки и затрачивают меньше времени на заправку, чем требуют аккумуляторные батареи. При снижении стоимости выработки водорода, оборудованные топливными элементами моторвагонные поезда смогут конкурировать с дизельными двигателями. Добиться такого результата возможно при совместном использовании электролизных установок и заправочного оборудования железнодорожными предприятиями и другими видами транспорта.

По мнению экспертов энергетической отрасли, свои достоинства и недостатки имеют как традиционная система тягового электроснабжения, так и аккумуляторное питание подвижного состава. Каждый из этих способов энергообеспечения имеет право занимать определенную нишу. Для Российской железнодорожной отрасли вопрос энергообеспечения особенно актуален: в стране более 41 тыс. км неэлектрифицированных железных дорог, что составляет приблизительно 50 % от их общей протяженности. Доля дизельного топлива в

энергопотреблении ОАО «РЖД» составляет по некоторым подсчётам 30 % или 2,4 млн т в год по состоянию на 2019 г. При работе двигателей количество выбросов достигают катастрофических 7,5 млн т CO₂ и прочих канцерогенов.

На железнодорожных участках пути с интенсивным движением эффективным решением является использование электрификации от контактной сети вопреки высоким капитальным затратам. С точки зрения экологической стороны вопроса, традиционная электрификация имеет наименьший уровень выбросов CO₂ при различных вариантах выработки электроэнергии.

На маршрутах с незначительной интенсивностью движения и продолжительным следованием рейсов целесообразно применение топливных элементов в качестве источника питания. Однако, необходимо учитывать их существенный недостаток в части двойного преобразования энергии и, как следствие, определенный уровень потерь, в отличие от однократного преобразования во время использования аккумуляторных батарей.

Важно упомянуть, что попытки произвести количественную оценку преимуществ альтернативных видов энергии позволили сформулировать подход оценки жизненного цикла — LCA. Данный метод позволяет оценить воздействие на окружающую среду на этапе добычи сырья, обработки материалов, производства, распределения, переработки выбросов и утилизации [9].

4. Оценка привлекательности возобновляемых источников энергии и внедрения прорывных технологий на железнодорожном транспорте

По всему миру электроэнергия является одним из главных источников энергии, который используется для поддержания работы различных промышленных отраслей. Это связано с тем, что передача электроэнергии на дальние расстояния на железнодорожном транспорте является относительно простой задачей. Однако несмотря на то, что электроэнергия покрывает огромную часть энергетических потребностей мира, почти 95 % потребления энергии все еще обеспечивается традиционными видами тепловой генерации, такими как нефть, газ, уголь, сланцевые пласты и торф. Кроме того, гидроэлектростанции также играют важную роль в производстве электроэнергии.⁴

Однако, всё более широкий интерес возникает вокруг применения возобновляемых источников энергии, систем распределенной генерации и рекуперации на железнодорожном транспорте, определяя вектор развития транспортной отрасли в целом.

С точки зрения научного обоснования внедрения возобновляемых источников энергии на железнодорожном транспорте, обратим внимание на юридическую сторону вопроса. Производство и коммерциализация электроэнергии строго регулируется и нормируется в соответствии с действующим законодательством. В развитых зарубежных странах продукты зеленых технологий при выходе на рынок получают государственную поддержку. Среди таких государственных мер — введение водных тарифов, предоставление инвесторам гарантий и налоговых льгот, разрешение продавать электроэнергию домашней микрогенерации в общую сеть. Российское законодательство, в свою очередь, накладывает запрет на генерацию электричества компаниями, если данный вид деятельности не является для неё основным в соответствии с Федеральным законом «Об электроэнергетике» от 26.03.2003 № 35-ФЗ.⁵

⁴ Терешина Н.П., Лapidус Б.М., Трихунков М.Ф. Экономика железнодорожного транспорта // учеб. Пособие / Терешина Н.П.-М.: Финансы. — 2012.

⁵ Федеральный закон "Об электроэнергетике" от 26.03.2003 N 35-ФЗ.

Общепризнанным преимуществом возобновляемых источников электроэнергии перед традиционными является экологичность, в следствии чего такая энергия получила название «зеленая». Среди крупнейших транспортных предприятий, уделяющих большое внимание снижению негативного влияния на окружающую среду, ОАО «РЖД» занимает лидирующие позиции.

Применение возобновляемых источников энергии целесообразно в населенных пунктах, которые располагают зонами автономного энергоснабжения, а также в зонах с плохой экологической обстановкой, электроснабжение которых осуществляется от дизель-генераторов. Такими ресурсами обладают, к примеру: Крым, Алтай, Калмыкия, ветроэнергопотенциал которых достигает 300 МВт в год. Перед внедрением солнечной и ветрогенерации важно уделить внимание вопросу локализации региона [10]. Известно, что энергетические и ветровые зоны в большинстве случаев располагаются на побережье морей и океанов нашей страны. Потенциал солнечной энергии, напротив, имеется на Северном Кавказе, Южной Сибири, на Дальнем Востоке и в прибрежных районах Черного и Каспийского морей.

Среди успешных примеров внедрения возобновляемых источников энергии ОАО «РЖД» можно выделить использование 560 встроенных солнечных модулей на крыше железнодорожного вокзала Анапы, синергетическая мощность которых достигает 70 кВт. Благодаря солнечным модулям в дневное время суток независимо от внешних источников функционируют системы освещения, кондиционирования, вентиляции, ориентирования и другие службы. Следующей целью для применения солнечных батарей является вокзал г. Сочи в связи с высоким количеством попадающей солнечной радиации. Ожидается, что новые батареи будут вырабатывать 128 кВт/ч и полностью обеспечивать энергией здание.

Прорывной технологией, позволяющей экономить энергию на железнодорожном транспорте, можно смело назвать рекуперативное торможение электровозов и электропоездов — систему, которая возвращает часть затраченной на торможение транспортного средства энергии обратно в систему тягового электроснабжения.

Привлекательной энергосберегающей разработкой также можно назвать теплонасосные установки (ТНУ), позволяющие забирать тепло из низкопотенциальных источников природного характера (вода, грунт, воздух), представленных в таблице 3, и преобразовывать в пригодную для потребителей энергию.

Таблица 3

Температурный уровень источников тепла для ТНУ

№ П/П	Источник тепла	Температурный диапазон
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 и грунтовые воды	0 — +10; > +10
8	Геотермальная вода	+20 — +50

Источник [11]

На производство ТНУ 3–6 кВт тепловой мощности в среднем может потребовать 1 кВт электрической мощности. Эксплуатационные характеристики теплонасосных установок значительно зависят от температурных уровней низкопотенциальных источников, приведенных в таблице 3. На железнодорожном транспорте проекты ТНУ, основной разновидностью которых является парокомпрессионные установки, произведенные Германией и Японией, внедряются сравнительно недавно. В отечественной практике ТНУ нашли своё

применение на Калининградской, Октябрьской, Московской, Юго-Восточной и Северо-Кавказской железных дорогах при обогреве производственных и офисных зданий, вокзалов, складов, стрелочных переводов. Средний срок окупаемости приобретения ТНУ составляет 7–12 лет, а средний срок службы достигает 30 лет. Таким образом, если наладить отечественное производство ТНУ и перестать зависеть от западных поставщиков, данный способ энергопреобразования может быть для ОАО «РЖД» коммерчески эффективным и конкурентным преимуществом.

На рисунке 2 представлены прогнозные статистические данные, отражающие ожидаемые результаты деятельности ОАО «РЖД» при реализации энергетической стратегии до 2030 года.



Рисунок 2. Статистические данные использования возобновляемых источников энергии на объектах ОАО «РЖД»⁶

Из рисунка 2 следует, что реализация энергетической стратегии позволит сократить выбросы CO₂ в атмосферу на 458 тыс. т до 2025 года. При этом, объем грузоперевозок при реализации программы электрификации железнодорожных линий составит 5 049,7 млрд т км. Мероприятия по энергосбережению позволят сэкономить 3,1 млрд руб. средств компании.

Выводы

В результате научно-исследовательской работы автором сделан вывод о том, что внедрение альтернативных источников энергии, базирующееся на водородных топливных элементах и аккумуляторных батареях, сегодня составляет текущий тренд транспортной отрасли во всём мире.

Сравнительный анализ альтернативных видов тяги на железнодорожном транспорте показал, что топливные элементы имеют преимущества в виде способности прохождения более длинных маршрутов без частой и длительной подзарядки, в отличие от аккумуляторных

⁶ Детандер-генератор: от идеи до практики // Режим доступа — <https://www.eprussia.ru/epr/120/9284.htm> (дата обращения: 30.08.2023).

батарей. В случае снижения стоимости производства водорода, мотор-вагонные поезда, оснащенные топливными элементами, составят достойную конкуренцию дизельным двигателям.

В заключении автором проведен экспертный расчет экономической эффективности инвестиций и основных показателей эффективности проекта внедрения водородного поезда на российском железнодорожном транспорте, по результатам которого подтверждена целесообразность и эффективность перевода железнодорожного транспорта на альтернативные источники энергии и сделан следующий вывод:

- рассматриваемый проект на горизонте расчёта с 2022–2030 год показывает коммерческую эффективность и окупается на 6 году после первоначальных вложений;
- эффективность инвестиций подтверждает расчёт показателей эффективности, а именно $NPV = 2245294$ тыс. руб., $PI = 1,57$, $IRR = 24\%$;
- главным фактором, обеспечивающим экономическую эффективность инвестиций, являются денежные поступления от экспорта водородного топлива за рубеж.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамян А.Э. Использование альтернативных источников энергии на железнодорожном транспорте // Железнодорожник. — 2023. — № 3. URL: <https://panor.ru/articles/ispolzovanie-alternativnykh-istochnikov-energii-na-zheleznodorozhnom-transporte/94160.html#>.
2. Лapidус Б.М., Мачерет Д.А. Влияние экологической парадигмы на долгосрочное развитие железнодорожного транспорта // Экономика железных дорог. — 2016. — № 9. — С. 12–24.
3. Крячко Е.В., Коваль И.А. Применение солнечной энергии в системах обслуживания железнодорожного транспорта // Актуальные научные исследования в современном мире. — 2018. — № 2–6. — С. 88–91.
4. Кудрявцева А.В. Социально-экономические перспективы транспортных инноваций // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. — 2017. — № 2(69). — С. 34–39.
5. Косарев А.Б. и др. Научные приоритеты использования альтернативных источников энергии на железнодорожном транспорте // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (ВЕСТНИК ВНИИЖТ). — 2020. — Т. 79. — № 5. — С. 293–300.
6. Зарифьян А.А., Талахадзе Т.З., Романченко Н.В. Разработка пригородного подвижного состава на гибридной тяге // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. — 2017. — № 4. — С. 35–39.
7. Тягусов М.М. Национальная водородная стратегия ФРГ как эффективный пример взаимодействия власти, бизнеса и общества // Бизнес. Общество. Власть Учредители: Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики". — № 4. — С. 37–54.

8. Рожко Д.Я. Альтернативные и переходные источники энергии для городского транспорта // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. — 2020. — Т. 13. — № 5. — С. 586–596.
9. Мачерет Д.А., Разуваев А.Д., Ледней А.Ю. Обеспечение эффективной деятельности железнодорожного транспорта и решение задач устойчивого развития экономики // Наука и образование: будущее и цели устойчивого развития. — 2020. — С. 234–246.
10. Сияк Ю.В. Эффективность альтернативных топлив и технологий в развитии пассажирского автотранспорта в средне-и долгосрочной перспективе // ИМП РАН. — 2019, URL: <https://ecfor.ru/publication/sinyak-yu-v-alternativnye-topliva-i-tehnologii-v-razvitiya-passazhirskego-avtotransporta/>.
11. Накоряков В.Е., Елистратов С.Л. Передовые схемные решения теплонасосных установок // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. — 2007. — № 11-12. — С. 64–75.

Abrahamyan Artur Edikovich

Russian University of Transport, Moscow, Russia
Department of the Federal Service, State Registration, Cadastre and Cartography for the Moscow Region, Moscow, Russia
E-mail: abramyanae@to50reg.ru; art.abramian2015@yandex.ru

Kapustina Nadezhda Valerievna

Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia
E-mail: NVKapustina@fa.ru

Eremeeva Anastasia Evgenievna

Moscow State University of Technology and Management K.G. Razumovsky (First Cossack University), Moscow, Russia
E-mail: Anastasia-eremeeva0601@yandex.ru

Assessment of the attractiveness of using alternative energy sources in railway transport

Abstract. Among the many breakthrough technologies, a special role in the development of economic sectors is assigned to the idea of using alternative and renewable energy sources in the field of railway transport. In the process of conducting research work, the author clarified the categorical-conceptual apparatus for determining traditional and alternative (renewable) energy sources. The generally accepted classification of renewable energy sources in world practice is given. An analysis of domestic and foreign experience in the use of alternative energy sources in railway transport showed that most foreign countries are actively implementing the latest technological solutions aimed at improving the transportation process and reducing the negative impact on the environment through the use of green energy in transport. Based on this, it was concluded that the introduction of alternative energy sources based on hydrogen fuel cells and batteries today is the current trend of the transport industry around the world, which will remain relevant for many decades. The author evaluates the prospects for the use of renewable energy sources and other breakthrough technologies in the domestic rail transport sector. Modern developments of Russian Railways JSC in the direction of breakthrough energy supply technologies are considered. Based on the statistical indicators of the use of clean energy by Russian Railways, a conclusion was made about the competitiveness and environmental advantage of introducing green technologies in Russia. Based on the results of the research work, the author carried out an expert calculation of the economic efficiency of investments and the main performance indicators of the project for the introduction of a hydrogen train in Russian railway transport, the results of which confirmed the feasibility and effectiveness of transferring railway transport to alternative energy sources.

Keywords: renewable and non-traditional energy sources; hydrogen fuel; batteries; breakthrough technologies; environment; green energy; transport industry