



Центр научно-технической информации и библиотек
– филиал ОАО «РЖД»

Дифференцированное Обеспечение Руководства

84/2025

Декарбонизация грузовых железнодорожных перевозок за рубежом

Снижение негативного воздействия производственной деятельности на окружающую среду – одна из важнейших современных проблем. Несмотря на то, что железные дороги считаются наиболее экологически чистым видом транспорта, они все же создают выбросы в атмосферу диоксида углерода и других вредных веществ.

В последние годы под влиянием тенденции к декарбонизации на железных дорогах разных стран начались масштабные изменения. Реализуются частично или полностью безуглеродные альтернативы использованию подвижного состава – как пассажирского, так и грузового, оснащенного двигателями внутреннего сгорания.

Вариантов достижения целей декарбонизации достаточно много. Подвижной состав может быть заменен оказывающим меньшее негативное воздействие на окружающую среду, переоборудован либо оснащен дополнительным оборудованием, позволяющим ему работать на альтернативном топливе, или использование для тяги различных источников энергии, а также их сочетание. Возможно также внесение изменений в инфраструктуру, например, электрификация линии или отдельных ее участков. Однако для лиц, принимающих решения, поиск альтернатив, в наибольшей степени отвечающих их потребностям, весьма затруднителен.

Для операторов грузовых железнодорожных перевозок возможны две основные стратегии:

– полная декарбонизация – наиболее затратный вариант, обеспечивающий достижение 100-ной углеродной нейтральности при эксплуатации и полное соответствие перспективным нормам регулирования

вредных выбросов;

– частичная декарбонизация, позволяющая значительно сократить выбросы на этапе эксплуатации при более приемлемых затратах, однако в этом случае соответствие будущим экологическим нормам не гарантировано.

Для проведения анализа конкурентоспособности технологий декарбонизации железных дорог разработана методология, основанная на оценке эффективности затрат на мероприятия по уменьшению вредных выбросов, которая включает шесть этапов:

– анализ объема перевозочной работы с учетом географических характеристик и требований к оператору перевозок или грузоотправителю;

– сбор данных путем опроса заинтересованных сторон, оценки ситуации на местах, консультаций с операторами инфраструктуры и изучения документальных источников. При этом учитывают параметры, характеризующие выполнение задачи, инфраструктуру, подвижной состав, климатические условия, потребление энергии, материальные затраты, экологические показатели и внешние факторы;

– сопоставление исходного решения, основанного на применении дизельной тяги, с каждой из альтернатив, предложенных с целью уменьшения углеродного следа. При этом особое внимание уделяется энергетической эффективности;

– определение воздействия на окружающую среду различных этапов производственного цикла, включая выбросы парниковых газов и местные загрязнения от производства до окончания срока службы подвижного состава;

– расчет суммарных социальных издержек, включающих затраты операторов и внешние издержки общества;

– сравнение достигаемого уменьшения парникового эффекта посредством расчета, как частных, так и социально-экономических последствий для каждого рассматриваемого варианта с показателями для базового варианта, основанного на использовании тепловозов, работающих на дизельном топливе.

Применение методики можно рассмотреть на примере маршрута, по которому грузовые перевозки выполняются только на дизельной тяге, поскольку часть пути приходится на неэлектрифицированные участки, включая линии, соединяющие промышленные предприятия с национальной железнодорожной сетью. Для определения оптимального способа снижения выбросов соединений углерода предлагается сравнить четыре варианта:

– локомотив, работающий от контактной сети и на водородном топливе, снабженный тендером для его хранения;

– контактно-аккумуляторный локомотив с тендером для аккумуляторов;

- тепловоз, после модернизации способный работать на биотопливе;
- электровоз, рассчитанный на питание только от контактной сети.

На данном направлении обращаются грузовые поезда массой 850 т. Они совершают 260 рейсов в год, их средняя скорость – 80 км/ч на электрифицированных участках и 60 км/ч – на неэлектрифицированных. В обратном направлении половина вагонов следует порожними. Каждый поезд состоит из одного локомотива и 35 вагонов. В первых двух рассматриваемых вариантах к локомотиву добавляется тендер, за счет чего суммарная масса поезда составляет от 1885 т до 1918 т.

В модели энергопотребления учтены два 10-минутных периода ожидания и два 20-минутных периода маневровых передвижений. Потребление дизельного топлива и биотоплива принято равным 4,5 л/км, водородного топлива – 1,3 кг/км, электроэнергии от аккумуляторных батарей – 140 кВт-ч/км. Цены на энергоносители для базового варианта приняты на уровне 1,18 евро за 1 л дизельного топлива, 1,23 евро за 1 л биотоплива, 8 евро за 1 кг водородного топлива и 91 евро за 1 МВт-ч электроэнергии.

В затратах оператора учтены инвестиции в приобретение подвижного состава, расходы на его техническое обслуживание, оплату труда локомотивной бригады и плата за доступ к инфраструктуре, в том числе дополнительная плата за электроэнергию в соответствующих случаях. Внешние издержки общества учитывают влияние изменения климата, загрязнения воздуха и транспортных происшествий. Сложенные эти показатели образуют суммарные социальные издержки.

Для их оценки используется показатель издержек на снижение загрязнения (Abatement Cost), характеризующий эффективность затрат на мероприятия по уменьшению вредных выбросов. Значение этого показателя может быть отрицательным, если получаемое сокращение расходов на потребляемую энергию превосходит инвестиции на мероприятия по уменьшению вредных выбросов, и положительным в противном случае.

При размерах движения, принятых для базового случая, наиболее целесообразным представляется вариант использования исключительно электрической тяги. В этом варианте показатель издержек на снижение загрязнения имеет отрицательное значение, равное 62 евро в расчете на устранение выбросов в объеме 1 т эквивалента диоксида углерода (CO₂e). Однако это преимущество работает при достаточно больших объемах перевозок. При меньшей интенсивности варианты применения локомотивов, использующих водородное топливо или тяговые аккумуляторы, могут оказаться более конкурентоспособными, несмотря на положительное

значение показателя издержек на снижение загрязнения в размере 250-284 евро/т CO₂e. Приемлемость этих вариантов подкрепляется заметным снижением отрицательных внешних эффектов.

Адаптация тягового подвижного состава к использованию биотоплива – наиболее быстрый и наименее затратный способ. Однако такое решение обеспечивает лишь умеренное сокращение вредных выбросов. При этом неблагоприятные экологические последствия на этапе производства сырья ограничивают социальные преимущества. Данное решение может быть предложено только в качестве временной меры.

Выбор технологии, способствующей сокращению вредных выбросов, зависит от интенсивности движения поездов на рассматриваемом участке, динамики цен на энергоносители и других экономических, технических и социальных факторов. Каждая технология обладает присущими ей преимуществами и имеет собственный порог релевантности. Для оценки действительной стоимости вариантов декарбонизации имеет существенное значение всесторонний анализ ожидаемых затрат, учитывающий интересы оператора и общества.

В ряде случаев решение об изменении технологий тяги может обеспечить не только экологические, но и экономические преимущества. Реализации предлагаемых мер могут помочь механизмы субсидирования, стимулирующие инициативы операторов.

*Источники: материалы компаний Alstom (www.alstom.com),
Siemens (www.siemens.com), Stadler (www.stadlerrail.com),
DiGas (www.digasgroup.com);
International Railway Journal. – 2025. – № 7. – pp. 18-20;
Железные дороги мира. – 2025. – №8. – с. 31-35*