



Европейская экономическая комиссия**Комитет по внутреннему транспорту****Рабочая группа по железнодорожному транспорту**

Семьдесят седьмая сессия

Женева, 15–17 ноября 2023 года

Пункт 18 предварительной повестки дня

Изменение климата и железнодорожный транспорт**Повышение энергоэффективности на железнодорожном транспорте**

Записка секретариата

I. Справочная информация

1. Рабочая группа напоминает, что на семьдесят шестой сессии Рабочей группы по железнодорожному транспорту (SC.2) — в продолжение работы SC.2 в этой области — состоялось рабочее совещание, посвященное изменению климата. В русле этой работы и с учетом того, что Комитет по внутреннему транспорту уделяет особое внимание смягчению последствий изменения климата в рамках разработки новой стратегии, в настоящем документе рассматриваются пути повышения энергоэффективности на железных дорогах в целях дальнейшего укрепления экологической репутации сектора.

II. Введение

2. Железнодорожный транспорт является одним из наиболее экологичных средств перемещения пассажиров и грузов. Данный сектор характеризуется меньшим количеством потребляемой энергии и выделяемых парниковых газов (ПГ) по сравнению с другими видами транспорта. Поэтому добиться перераспределения объемов перевозок с других видов транспорта в пользу железнодорожного транспорта — это важная задача, которая ставится многими странами в их программах по достижению целей, определенных Парижским соглашением и Целями в области устойчивого развития (ЦУР) Организации Объединенных Наций.

3. И без того высокий уровень устойчивости железнодорожного сектора делает не столь актуальным повышение его эффективности, и — по сравнению с другими видами транспорта — здесь усилия по разработке инновационных технологий и повышению эффективности в последние годы были менее значительными. Ввиду недостаточности исследований и инвестиций данный сектор смог добиться лишь незначительных улучшений, особенно по сравнению с автомобильным транспортом, где современные технологии позволили существенно снизить энергопотребление и выбросы парниковых газов.



4. Поэтому можно говорить о том, что в будущем в железнодорожном секторе можно добиться значительных улучшений, причем некоторые из них могут быть реализованы при небольших затратах и относительно быстро. Внедрение новых технологий на начальном этапе потребует усилий со стороны железнодорожных операторов; однако эти инвестиции окупятся в короткие сроки за счет экономии средств в результате меньшего потребления энергии.

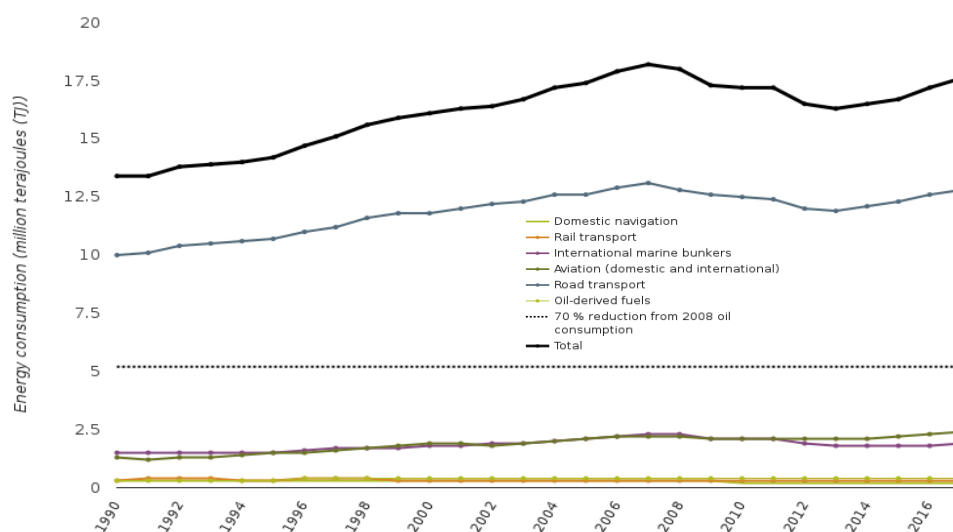
5. В настоящем документе содержится обзор текущего уровня энергопотребления и выбросов парниковых газов в железнодорожном секторе по сравнению с другими видами транспорта. В документе также представлен анализ передовой практики в сфере дальнейшего повышения устойчивости железнодорожного транспорта, в частности за счет снижения энергопотребления. Приведенные примеры передового опыта делятся на две категории: те, которые требуют капитальных вложений, и те, которые не требуют практически никаких затрат или же сопряжены лишь с минимальными затратами. В заключении документа предлагаются альтернативные пути продвижения вперед деятельности Рабочей группы в данной области.

II. Энергопотребление в секторе транспорта

6. Как уже отмечалось ранее, железнодорожный транспорт является одним из наиболее устойчивых видов транспорта; ниже будут проанализированы текущие уровни энергопотребления и выбросов парниковых газов в секторе.

Рис. 1

Энергопотребление в секторе транспорта (1990–2017 годы)



Источник: Европейское агентство по окружающей среде, 2019 год, «Итоговые данные по энергопотреблению в разбивке по видам транспорта»; данные, предоставленные Статистическим управлением Европейского союза (Евростатом).

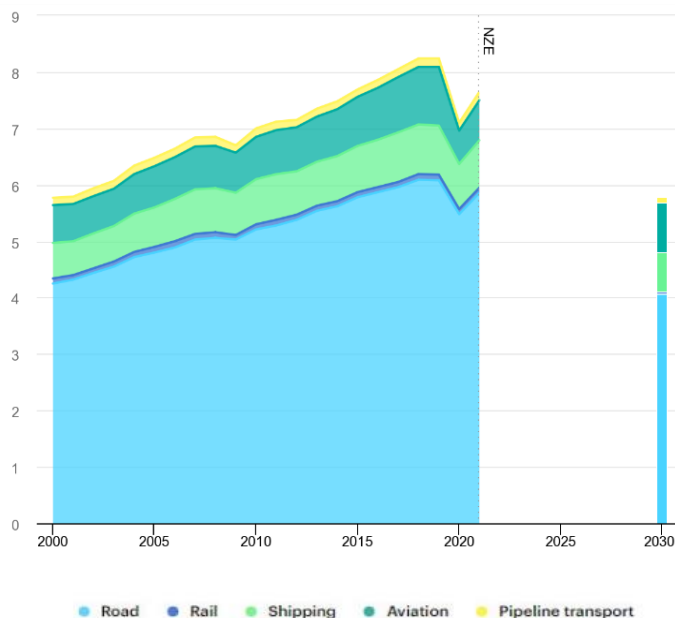
URL: https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/final-energy-consumption-by-transport-6#tab-chart_3.

7. На рис. 1 выше показано энергопотребление по различным видам транспорта, как грузового, так и пассажирского, в Европейском союзе (ЕС) в период с 1990 по 2017 год. Эта диаграмма, размещенная на веб-сайте Европейского агентства по окружающей среде, составлена на основе данных, предоставленных Евростатом. На долю железнодорожного транспорта (график оранжевого цвета) приходится лишь весьма небольшая часть от общего объема потребления энергии в странах, охваченных анализом. Это обусловлено не только низкой долей перевозок железнодорожным транспортом на рынке, но и более высокой энергоэффективностью железнодорожного сектора. В 2017 году на железнодорожный сектор в ЕС приходилось 6,8 % от общего объема перевозок, причем на сектор пришлось 0,3 млн тераджоулей (ТДж)

потребленной энергии, что составило менее 2 % от общего энергопотребления транспортного сектора¹.

Рис. 2

Глобальные выбросы CO₂ на транспорте в разбивке по подсекторам с учетом сценария по достижению «чистого нулевого уровня выбросов», 2000–2030 годы



Источник: МЭА, Париж, URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-co2-emissions-from-transport-by-sub-sector-in-the-net-zero-scenario-2000-2030>, МЭА. Лицензия: CC BY 4.0.

8. По данным Международного энергетического агентства (МЭА), аналогичная ситуация наблюдается и на глобальном уровне, где в 2021 году совокупное потребление энергии в транспортном секторе составило 113,4 млн тераджоулей (ТДж), при этом на долю железнодорожного транспорта пришлось 2,27 млн ТДж (2 %)². Эта тенденция сохраняется и в отношении выбросов парниковых газов (ПГ): как показано на рис. 2, подготовленном Международным энергетическим агентством (МЭА), в 2019 году выбросы CO₂ на железнодорожном транспорте составили 0,1 гигатонны из общих выбросов в 8,24 гигатонны по транспортному сектору в целом³. Если рассматривать более подробно, то грузовой железнодорожный транспорт выбрасывает в среднем одну четвертую часть от объема CO₂, производимого автомобильным транспортом⁴, а пассажирский железнодорожный транспорт — в среднем менее одной десятой от выбросов крупного автомобиля в пересчете на 1 км пути⁵.

¹ <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/f0f3e1b7-ee2b-11e9-a32c-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-287498905>.

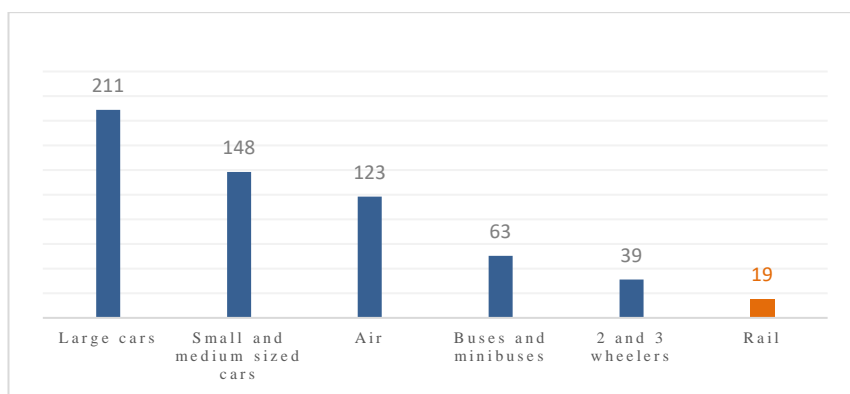
² <https://www.iea.org/reports/rail>.

³ <https://www.iea.org/reports/transport>. Следует обратить внимание, что рассматриваются исключительно прямые выбросы, поэтому, например, выбросы от производства электроэнергии, необходимой для движения поездов, не учитываются.

⁴ <https://climate.mit.edu/explainers/freight-transportation#:~:text=Breaking%20down%20freight%20emissions&text=Most%20ships%20burn%20fossil%20fuels,of%20freight%20the%20same%20distance>.

⁵ <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/well-to-wheel-wake-wing-ghg-intensity-of-motorised-passenger-transport-modes-2>.

Рис. 3
Средние выбросы CO₂ в расчете на пассажиро-км (в граммах)



Источник: МЭА, URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/well-to-wheel-wake-wing-ghg-intensity-of-motorised-passenger-transport-modes-2>.

9. Более наглядно это видно при сравнении различных видов транспорта. В таблице 1 в качестве примера берется поездка пассажира по маршруту Женева—Париж в рабочий день, причем сравнивается потребление энергии и выбросы CO₂ для различных видов транспорта.

Таблица 1
Энергопотребление и выбросы CO₂ для поездки пассажира по маршруту Женева—Париж

Пассажир	Железная дорога	Автомобиль	Самолет
Потребление энергии (л бензинового эквивалента)	16,9	25,7	40,2
Выбросы CO ₂ (кг)	4	57,8	95,8

Источник: Портал «Экопассажир» (Eco passenger).

10. Таблица, приведенная выше, составлена на основе данных, предоставленных порталом «Экопассажир» (Eco passenger)⁶. Как видно, энергопотребление поезда, выраженное в литрах бензинового эквивалента, включая энергию, которая необходима для производства электричества, потребляемого железнодорожным транспортом, меньше, чем у двух других видов транспорта.

11. В таблице 2 ниже — на основе данных портала «Экотранзит-уорлд» (EcoTransIT World) — приводится аналогичное сравнение для сектора грузовых перевозок, которое показывает значительное преимущество железнодорожного транспорта⁷.

Таблица 2
Энергопотребление и выбросы CO₂ для грузоперевозок по маршруту Женева—Париж

Пассажир	Железная дорога	Грузовой автомобиль	Самолет
Потребление энергии (мегаджоули)	264	645	13 732
Выбросы CO ₂ (кг)	1,3	40,5	931,2

Источник: Портал «Экотранзит-уорлд» (EcoTransIT World).

⁶ http://ecopassenger.org/bin/query.exe/en?ld=uic-eco&L=vs_uic&protocol=https:&OK#focus.

⁷ <https://www.ecotransit.world/en/emissioncalculator/>.

12. Если продолжить этот анализ, то 10-процентная экономия энергии в примере с грузовыми перевозками — учитывая, что один поезд может легко перевезти более тысячи тонн груза, — приведет к экономии 26 гигаджоулей. Это равно годовому энергопотреблению семи человек в Швейцарии.

13. Если посмотреть на результаты по выбросам CO₂, приведенные в таблицах 1 и 2, то разница оказывается еще более ошеломляющей: при поездке на поезде выбросы составляют менее четырнадцатой части от величины, получаемой при езде на автомобиле, и менее двадцать пятой части от величины, получаемой при полете на самолете. Для грузовых перевозок эта разница еще более значительна: выбросы CO₂ на железнодорожном транспорте составляют лишь весьма малую долю от тех выбросов, которые были бы получены при использовании двух других видов транспорта.

III. Энергопотребление на железнодорожном транспорте в странах ЕЭК

14. Как отмечают в МСЖД, «повышение энергоэффективности дает огромный потенциал для снижения затрат — повышение энергоэффективности лишь на 1 % позволит большинству железных дорог экономить несколько миллионов евро в год, — а также является наикратчайшим путем к снижению выбросов CO₂ и обеспечению высоких экологических показателей...»⁸. В настоящем разделе приводится оценка совокупного количества энергии, потребляемой железнодорожным транспортом в странах ЕЭК, на основе имеющихся в статистической базе данных ЕЭК ООН данных по общему объему перевозок в пассажиро-км и тонно-км за 2019 год, которые охватывают 41 страну, представившую данные по пассажирским перевозкам^{9,10}, и 37 стран, представивших данные по грузовым перевозкам¹¹. В процессе оценки использовалось соотношение между электрифицированными и дизельными поездами в пропорции «50 на 50». При расчетах учитывалось только потребление энергии, необходимой для движения поездов.

15. В 2019 году совокупный объем перевозок составил 509 623 млн пассажиро-км и 1 414 019 млн тонно-км.

16. Согласно методике, разработанной порталом «Экотранзит-уорлд» (EcoTransIT World), средний грузовой электропоезд потребляет для перевозки тонны груза 15,7 Вт·ч на километр пути, а дизельный поезд — 42,4 Вт·ч на километр пути¹². Таким образом, общее потребление грузовых электропоездов составляет около 11,1 млн МВт·ч, в то время как дизельные поезда ежегодно потребляют около 30 млн МВт·ч. Следует отметить, что дизельные поезда потребляют в среднем в 2,7 раза больше энергии по сравнению с электропоездами.

17. Что касается пассажироперевозок, то, согласно методике портала «Экопассажир» (Eco passenger)¹³, среднее потребление энергии для перевозки пассажира на 1 км равно 88,2 Вт·ч в случае электропоездов и 25,2 г дизельного

⁸ <https://uic.org/sustainability/energy-efficiency-and-co2-emissions/>.

⁹ Австрия, Азербайджан, Албания, Беларусь, Болгария, Венгрия, Греция, Дания, Израиль, Ирландия, Испания, Италия, Казахстан, Канада, Латвия, Литва, Люксембург, Нидерланды, Северная Македония, Норвегия, Польша, Португалия, Республика Молдова, Румыния, Сербия, Словакия, Словения, Соединенное Королевство, Соединенные Штаты, Турция, Узбекистан, Украина, Финляндия, Франция, Хорватия, Черногория, Чехия, Швейцария, Швеция, Эстония.

¹⁰ В расчет включена только энергия, потребляемая при перевозках, за исключением энергии для железнодорожных станций.

¹¹ Австрия, Азербайджан, Албания, Беларусь, Болгария, Босния и Герцеговина, Венгрия, Германия, Греция, Дания, Израиль, Ирландия, Испания, Италия, Казахстан, Канада, Латвия, Литва, Нидерланды, Северная Македония, Норвегия, Польша, Португалия, Республика Молдова, Румыния, Словакия, Словения, Соединенное Королевство, Украина, Финляндия, Франция, Хорватия, Черногория, Чехия, Швейцария, Швеция, Эстония.

¹² https://www.ecotransit.org/wp-content/uploads/20230612_Methodology_Report_Update_2023.pdf.

¹³ https://ecopassenger.hafas.de/hafas-res/download/Ecopassenger_Methodology_Data.pdf, page 18.

топлива — в случае неэлектрифицированных поездов. Умножение этих значений на общий пассажирооборот дает совокупное потребление в 22,5 млн МВт·ч и 6421 млн кг дизельного топлива. Поскольку данные о потреблении в Вт·ч для пассажирских дизель-поездов отсутствуют, то для пассажирских перевозок использовалось то же соотношение, что и выше для грузовых: дизельные поезда потребляют в 2,7 раза больше энергии чем электропоезда. При таком допущении общее энергопотребление в секторе пассажирских железнодорожных перевозок составляет около 60 млн МВт·ч.

18. Общее потребление энергии на железных дорогах в рассматриваемых странах ЕЭК составляет около 124 млн МВт·ч, что равноценно примерно 0,45 млн ТДж. Учитывая, что общее потребление энергии на железнодорожном транспорте только в странах ЕС составляет 0,3 млн ТДж, то оценка ЕЭК в целом представляется приемлемой.

19. Для сравнения, если учесть, что среднее потребление электроэнергии, которое приходится на один дом в Соединенных Штатах Америки, составляет около 10 МВт·ч в год, то совокупная энергия, используемая для работы железных дорог, может обеспечить энергией 12,4 млн домов в течение целого года¹⁴. Это сравнение помогает понять, почему экономия энергии в железнодорожном секторе по-прежнему важна: достижимый уровень экономии, равный 10 %, позволил бы высвободить электроэнергию для более чем 1 млн домов.

IV. Инвестиции в энергосбережение

20. Как уже отмечалось ранее, на железнодорожном транспорте по-прежнему возможно добиться значительных улучшений, если принимать меры, направленные на энергосбережение и, соответственно, снижение выбросов CO₂. Такие стратегии можно разделить на две категории: стратегии, требующие крупных инвестиций, но способные обеспечить наибольшую экономию в будущем; а также другие, связанные скорее с оперативным уровнем мероприятия, которые не требуют или почти не требуют первоначальных затрат, но все же могут помочь избежать энергопотерь и связанных с ними выбросов CO₂. В настоящем разделе рассказывается об этих двух подходах.

Замена и техническое обслуживание старых рельсовых перевозочных средств

21. Очевидно, что современные локомотивы и другой подвижной состав демонстрируют большую энергоэффективность по сравнению со старыми моделями; однако замена локомотивов, которая требует больших вложений, не всегда является необходимой: обеспечение регулярного планового технического обслуживания может оказать значительное влияние на снижение энергопотребления. Простой пример: замена и надлежащее обслуживание колесных пар позволяет снизить трение при контакте с рельсами, что уменьшает тягу, необходимую для движения поезда.

Замена дизельных тепловозов

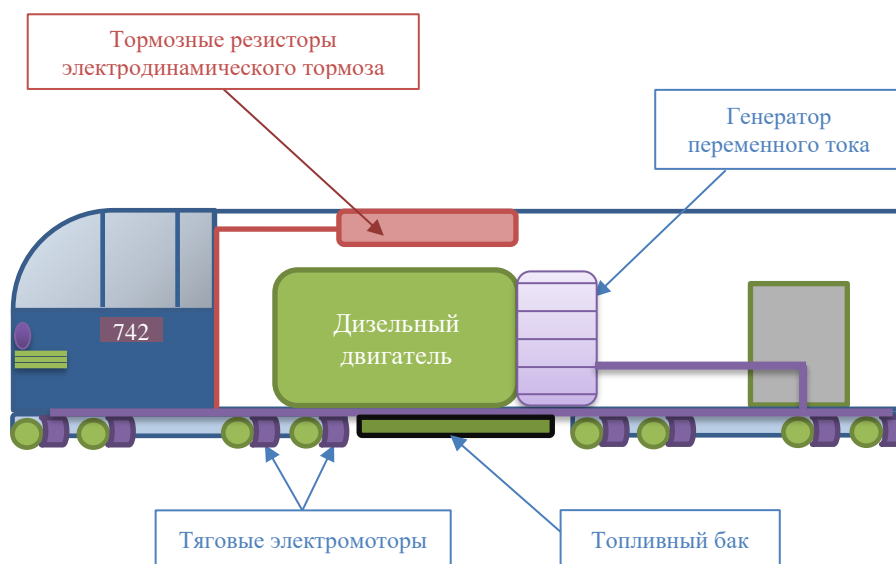
22. Электропоезда, как было показано выше, более эффективны, чем дизельные, как при пассажирских, так и при грузовых перевозках. По данным Исследовательского института окружающей среды и энергетики¹⁵, тепловозы способны преобразовывать лишь 30–35 % энергии, полученной от сжигания в ДВС, в энергию, используемую для движения поезда, в то время как электропоезда могут использовать до 95 % электрической энергии, собираемой пантографом. Это обусловлено принципом работы тепловоза: энергия, вырабатываемая дизельным двигателем, используется не напрямую для привода колес, а для работы генератора переменного тока, вырабатывающего электрическую энергию, которая поступает уже на тяговые

¹⁴ <https://www.energybot.com/blog/average-energy-consumption.html#:~:text=The%20EIA%20aggregates%20data%20for,at%2014%2C302%20kWh%20per%20home.>

¹⁵ <https://www.eesi.org/articles/view/electrification-of-u.s.-railways-pie-in-the-sky-or-realistic-goal.>

электромоторы для передачи энергии на колеса (см. рис. 4 ниже). Такой процесс создания тяги приводит к значительным энергопотерям. Кроме того, электропоезда менее затратны как с точки зрения эксплуатационных расходов, так и в плане технического обслуживания. Тепловозы на гидравлической тяге, без преобразования энергии от сжигания топлива в электроэнергию, существуют, однако используются редко, так как они имеют еще более низкую энергоэффективность, чем даже дизель-электрические.

Рис. 4
Элементы дизель-электрической тяги



Источник: Подготовлено секретариатом.

23. Хотя электрический подвижной состав имеет более высокую энергоэффективность, затраты на электрификацию зачастую весьма велики, что делает ее экономически нецелесообразной на менее загруженных линиях. Это подтверждает и Европейская комиссия, которая на портале по альтернативным видам топлива пишет следующее: «На линиях с низкой плотностью движения сегодня не существует проверенного экономически эффективного решения для замены дизельных поездов»¹⁶.

24. Уровень электрификации по региону ЕЭК существенно колеблется: в странах — членах ЕС на текущий момент электрифицировано в среднем более 50 % линий, в то время как за пределами ЕС этот показатель значительно ниже.

25. В качестве альтернативы и дополнения к электрической тяге стали внедряться локомотивы, которые имеют два или несколько видов тяги и могут работать как от электричества, так и на дизеле, иногда с использованием дополнительной электрической аккумуляторной батареи. Эта технология позволяет экономить энергию при движении поезда по электрифицированным линиям и/или при использовании энергии, накопленной в электрической аккумуляторной батарее. В настоящее время подвижной состав, полностью работающий на аккумуляторных батареях, не распространен на магистральных линиях ввиду длительного времени зарядки батарей и высоких затрат на строительство и обслуживание таких локомотивов, а данная технология используется в основном в некоторых маневровых локомотивах. Проводились также исследования и даже были созданы прототипы систем, нацеленных на перевод существующего дизельного подвижного состава на гибридные альтернативные виды топлива, однако такое переоборудование сопряжено с очень высокими затратами и требует значительных усилий в части повторной регистрации и

¹⁶ <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/transport-mode/rail#:~:text=Rail%20transport%20is%20currently%20by,is%20running%20on%20these%20lines.>

сертификации, что в настоящее время делает такой переход нецелесообразным, а внедрение такой технологии — возможным только в случае замены подвижного состава.

26. Другие виды топлива, такие как биодизель, уже используются для замены дизельного топлива в целях снижения выбросов загрязняющих веществ, однако в настоящее время этот рынок по-прежнему весьма ограничен. В качестве альтернативы был успешно испытан водород, но эта технология пока находится в зачаточном состоянии. Дальнейшие исследования в области водородных двигателей позволили бы расширить их применение.

Повышение напряжения воздушных контактных сетей

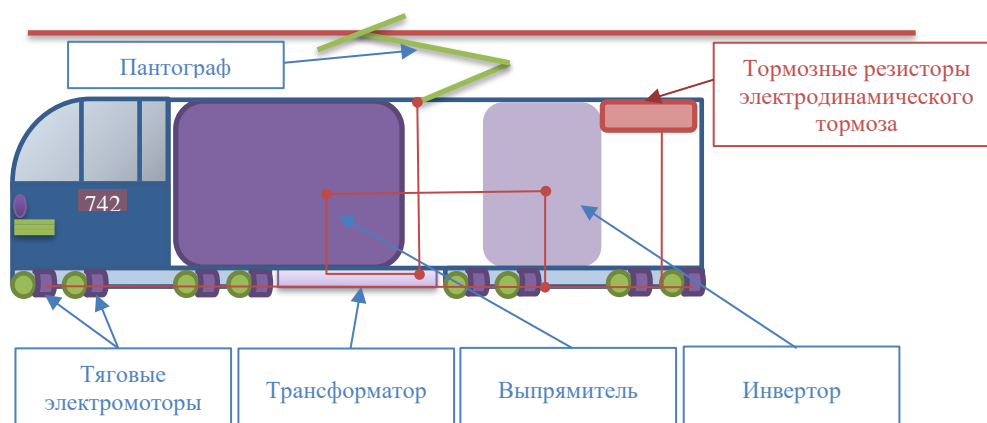
27. Для электрифицированных линий подача электроэнергии с более высоким напряжением тока приведет к снижению потерь в токопередающих сетях. Кроме того, электрооборудование локомотивов, работающих на токе с напряжением 25 кВ, в среднем легче, чем у локомотивов с напряжением 3 кВ, что дает дополнительную экономию энергии. Такое решение было бы эффективным как для уже электрифицированных линий, так и для новых линий, но из-за непомерно высоких затрат на адаптацию существующих локомотивов к более высокому напряжению такое решение следует рассматривать только при электрификации новых линий.

Системы рекуперативного торможения

28. Для торможения подвижного состава могут использоваться две различных системы: механическая и динамическая. Первая основана на задействовании тормозов, которые непосредственно замедляют движение поезда с помощью механической силы; динамическое же торможение предполагает реверсивный режим работы тяговых электродвигателей, которые обычно приводят колеса в движение: в реверсивном режиме тяговые электродвигатели используются как электрогенераторы, что создает сопротивление движению поезда и замедляет его. Выработанная таким образом электроэнергия обычно преобразуется в тепло и передается в тормозные резисторы (см. рис. 4 и 5). В последние годы изготовители поездов предлагают системы, позволяющие возвращать энергию, вырабатываемую электропоездами, непосредственно в электрическую сеть через пантограф или же накапливать ее в аккумуляторной батарее поезда.

Рис. 5

Электропоезд с электродинамической системой торможения



Источник: Подготовлено секретариатом.

29. Система токодвигания без аккумуляторных батарей позволяет экономить энергию только в том случае, когда вырабатываемая энергия одновременно используется другим поездом или другими устройствами, подключенными к той же электрической сети, при этом избыток энергии поглощается тормозными резисторами. Проводились ряд испытаний по установке аккумуляторных батарей или

суперконденсаторов сбоку от железнодорожных путей, но при этом энергопотери возрастают по мере удлинения маршрута движения, поэтому оптимальным вариантом является применение таких систем на городских линиях¹⁷. На электрифицированном подвижном составе рекуперативное торможение при отсутствии аккумуляторных батарей уже доказало свою высокую эффективность в плане экономии электроэнергии: проводились различные исследования, и все они показали, что экономия зависит от типа локомотива, скорости, температуры окружающей среды и других факторов, но может составлять не менее 10 % от потребляемой энергии.

30. Как уже отмечалось, энергия может быть использована и для зарядки аккумуляторной батареи, установленной в поезде, однако на сегодняшний день устройства накопления энергии недостаточно эффективны для хранения значительных объемов электроэнергии. Возможность экономии энергии за счет использования аккумуляторных батарей является преимуществом и для тепловозов. Кроме того, энергия из аккумуляторных батарей может использоваться поездами для маневрирования на железнодорожных терминалах, если последние не электрифицированы.

Системы сокращения работы в режиме холостого хода и вспомогательные двигатели

31. В железнодорожной отрасли принято оставлять локомотивы на холостом ходу, а не выключать их, так как запуск локомотива — это длительная процедура, к тому же в качестве охлаждающей жидкости в двигателях локомотивов используется вода, что может привести к их неработоспособности при температуре ниже 5 °С. Кроме того, включенный двигатель требуется также для нормальной работы других механических систем, в частности тормозной системы. Это приводит к значительным потерям энергии, как дизельного топлива, так и электричества, поэтому в последние годы разрабатываются различные технологии, направленные на борьбу с такими энергопотерями. Такие меры борьбы могут серьезным образом способствовать снижению энергопотребления при очень низких или вообще нулевых затратах.

32. Технология автоматического управления запуском/остановкой двигателя (Automatic Engine Start-Stop, AESS) — одна из самых простых: она отключает двигатель в соответствии с рядом параметров, но при этом сохраняет надлежащую температуру воды и готовность других приборов к работе. Эта технология позволяет сократить время работы на холостом ходу почти на 40 %, однако остановка двигателя становится невозможной при температуре наружного воздуха ниже 5 °С¹⁸.

33. Применение вспомогательной силовой установки (ВСУ) более эффективно по сравнению с технологией AESS: на локомотив устанавливается дополнительный малогабаритный двигатель, который работает вместо основного в то время, пока поезд не движется. Эта более компактная, зачастую электрическая, силовая установка обладает достаточной эффективностью для поддержания работы механических систем, что позволяет отключать основной двигатель, обеспечивая таким образом последовательное снижение энергопотребления. Еще большей экономии энергии можно добиться, если ВСУ запитывается от аккумуляторной батареи. Кроме того, ВСУ может быть подключена к устройству AESS и работать параллельно с ним¹⁹.

34. Использование внешней электрической системы, называемой внешним источником питания (Shore Power Plug-in Technology), позволяет оптимизировать энергопотребление во время простоя на холостом ходу в том случае, если на поезде не установлен вспомогательный двигатель. Эта технология обеспечивает по сути подсоединение основного двигателя во время стоянки напрямую к внешнему источнику питания, что, благодаря также различным дополнительным системам, позволяет выключать основной двигатель.

¹⁷ <https://www.fsnews.it/it/focus-on/sostenibilita/2021/4/22/fs-energia-frenata-treni-progetto-rfi-stazione-forli.html>.

¹⁸ <https://otc-cta.gc.ca/eng/publication/noise-and-vibration-idling-locomotives>.

¹⁹ <https://sgp.fas.org/crs/misc/IF10978.pdf>.

35. Все эти системы могут способствовать обеспечению экономии ресурсов как за счет снижения энергопотребления, так и за счет увеличения срока службы локомотивных двигателей.

Грузовые терминалы и маневровые работы

36. Железнодорожные грузовые терминалы зачастую не электрифицированы. Это может обуславливаться высокими затратами на электрификацию и техобслуживание нескольких линий, но в основном объясняется эксплуатационными ограничениями. В результате для перемещения подвижного состава к финальному месту назначения используются маневровые машины или старые локомотивы с дизельными двигателями, при этом энергоэффективность остается на низком уровне.

37. Инвестиции в обновление маневрового парка за счет локомотивов, оснащенных аккумуляторными батареями или системами сокращения времени работы на холостом ходу, о которых говорилось выше, были бы очень эффективным решением для этих типов перевозочных средств.

Системы помощи при вождении

38. Изготовители и операторы поездов разрабатывают инструменты и технологии для контроля и совершенствования процесса вождения поездов в целях экономии энергии. К таким технологиям относятся системы, подсказывающие водителям оптимальные режимы увеличения или снижения скорости и выбега в зависимости от различных траекторий движения. Существуют также системы, которые непосредственно управляют системами ускорения и динамического торможения. Например, система адаптивного управления (ADL), которая была разработана и используется «Швейцарскими железными дорогами» (SBB), «...дает рекомендации бригаде машинистов, помогая избежать незапланированных остановок на красный сигнал семафора»²⁰, и позволяет тем самым снижать общее потребление энергии.

39. Компания «Швейцарские железные дороги» внедрила также «дисплей пунктуальности», который показывает расчетное время прохождения различных контрольных пунктов и используется для экономии энергии путем коррекции скорости. Этот инструмент позволяет поездам прибывать вовремя, избегая задержек, которые могут нарушить расписание работы линий и вынудить другие поезда потреблять из-за этого больше энергии. По оценкам «Швейцарских железных дорог», благодаря полученной экономии энергии затраченные инвестиции окупятся в течение 6 месяцев²¹.

Освещение, системы кондиционирования воздуха и вспомогательные устройства в пассажирских поездах и на вокзалах

40. На приведение подвижного состава в движение, кондиционирование воздуха и освещение приходится до 90 % электроэнергии, потребляемой железными дорогами²².

41. На системы, предназначенные для обеспечения комфорта пассажиров, может приходиться около 20 % энергопотребления пассажирских поездов. При этом длительный срок эксплуатации вагонов может иметь отношение к качеству установленного оборудования. Ведь технологии, использованные в вагонах, могут устаревать и иметь низкую энергоэффективность по сравнению с более современными. Инвестиции в модернизацию систем освещения и других устройств позволят добиться значительной экономии средств при одновременном улучшении эксплуатационных характеристик и повышении уровня комфорта пассажиров. Это относится к устройствам, установленным как в поездах, так и на железнодорожных вокзалах. Кроме того, современные технологии позволяют ограничить потребление

²⁰ <https://company.sbb.ch/en/sbb-as-business-partner/services-rus/energy/sustainable-energy/energy-efficiency.html>.

²¹ <https://news.sbb.ch/it/media/articolo/123593/treni-piu-puntuali-e-risparmio-di-energia-grazie-a-un-nuovo-indicatore-per-il-personale-di-locomotiva>.

²² <https://www.ns.nl/en/about-ns/sustainability/climate-neutral/energy-saving-measures.html>.

энергии, включая то или иное оборудование только тогда, когда это требуется: установка автоматических систем, адаптирующих работу устройств к конкретным потребностям, в сочетании с таймерами и датчиками позволяет избежать нерациональной траты энергии. Например, системы кондиционирования воздуха в вечернее время могут быть настроены на пониженную мощность, а эскалаторы могут включаться только при приближении пассажира. Например, «Швейцарские железные дороги» устанавливают точные графики движения, с тем чтобы прогреть пассажирские поезда только тогда, когда это необходимо²³.

Использование возобновляемых источников энергии

42. Установка солнечных батарей на железнодорожную инфраструктуру, например на крышу станций, депо и грузовых терминалов, может способствовать дальнейшему повышению энергоэффективности железных дорог, а также обеспечивать запитку некоторых гибридных систем, о которых говорилось выше.

V. Стратегии и приемы, направленные на сбережение энергии

Планирование маршрутов, регулирование скорости и использование режима выбега

43. Во время движения поезда большая часть энергии расходуется на разгон, будь то при трогании после остановки, при преодолении уклона или же просто при ускорении во время движения. Это необходимо учитывать во время движения и при планировании использования путей поездами.

44. Для экономии энергии целесообразно использовать некоторые приемы вождения, например следует более активно разгоняться на первоначальных отрезках перегона, с тем чтобы на оставшихся отрезках двигаться в режиме выбега; следует осуществлять разгон только на начальном этапе подъема, с тем чтобы затем использовать инерцию при спуске; отдавать предпочтение режиму выбега, а не торможению. Все эти приемы можно обобщенно назвать «проактивным вождением».

45. Решающее значение может иметь система планирования, которая нацелена на избежание остановок во время движения, а также поощряет такой стиль вождения, когда набор скорости происходит максимально плавно и с использованием особенностей природной морфологии на маршруте для экономии энергии. Например, немецкая компания «Дойче бан» заявляет, что ее программы обучения машинистов, направленные на обеспечение эффективного использования энергии, приводят к снижению энергопотребления практически на 13 %²⁴.

46. В качестве способа снижения энергопотребления различные операторы указывали также снижение средней и/или максимальной скорости. Правительства могли бы рассмотреть возможность введения правил, снижающих максимальный порог скорости движения, однако это может оказаться трудноосуществимым на маршрутах с высокой плотностью пассажиропотока. Фактически это увеличило бы время нахождения поезда в пути, что приведет к уменьшению количества курсирующих поездов, а также скажется на качестве предоставляемых услуг.

Коэффициент загрузки пассажирских и грузовых поездов и число рейсов

47. Локомотивы, особенно грузовые, — это мощные машины, способные нести значительную нагрузку. После запуска двигателя и начала движения поезда одна добавленная тонна груза или один добавленный пассажирский вагон не оказывает существенного влияния на энергопотребление. Оптимизация процесса планирования частоты движения поездов позволит совершать меньшее количество рейсов, но распределять загрузку поездов более эффективным образом. В этой связи можно

²³ Политика в области энергоэффективности компании «Швейцарские железные дороги».

²⁴ <https://nachhaltigkeit.deutschebahn.com/en/measures/train-drivers>.

проанализировать принципы составления расписания и организации движения поездов, с тем чтобы обеспечить экономию энергии без ущерба для уровня обслуживания. Для пассажирских поездов можно также предусмотреть — с учетом спроса — меньшее количество вагонов и сократить число остановок. Эти меры помогут добиться значительного снижения энергопотребления в пересчете на одного пассажира или тонну груза. Вместе с тем слишком жесткие меры по максимизации эффективности могут привести к тому, что пассажирам и клиентам будет неудобно пользоваться поездами в сравнении с другими видами транспорта.

48. Наличие вагона-ресторана или вагонов с подобными услугами — даже если это удобно для железнодорожных операторов — является неэффективным с точки зрения энергопотребления. Напротив, использование двухэтажных вагонов является весьма эффективным способом предоставления услуг в часы пик и/или на переполненных маршрутах.

49. В частности, для грузовых поездов значительный вклад в снижение энергопотребления внесло бы увеличение максимальной длины и/или массы, разрешенной к перевозке на линиях соответствующими органами, отвечающими за управление инфраструктурой. При этом любые изменения предписаний, касающихся максимальной длины и/или массы поездов, должны быть тщательно проанализированы с учетом необходимых параметров безопасности.

50. Если взять приведенный выше пример с поездом, курсирующим между Женевой и Парижем, то при более высоком по сравнению с нынешней нормой коэффициенте загрузки выбросы CO₂ в расчете на одного пассажира сократились бы с 4 до 1,4 кг, а потребление энергии — до 5,9 л в бензиновом эквиваленте.

Аэродинамическая форма и вес

51. Ввиду низких показателей средней скорости грузовых поездов их аэродинамическая форма не играет существенной роли в снижении энергопотребления, однако аэродинамические характеристики имеют важность для скоростных пассажирских поездов. Вопросы аэродинамики железнодорожных транспортных средств слабо контролируются национальными правительствами и железнодорожными операторами, хотя последние могут учитывать данный фактор при погрузке контейнеров. Аэродинамические аспекты следует также учитывать при принятии решения о распределении веса по всему составу. Выдвигались предложения по улучшению аэродинамики пантографов, на которые приходится 8 % аэродинамического сопротивления, и грузовых вагонов, а также предложения по снижению сопротивления воздуха у вагонных тележек²⁵. Кроме того, использование тентов для укрытия грузовых платформ с открытым верхом может существенно снизить трение воздуха, однако получаемая экономия энергии незначительна и перевешивается затратами на укрытие всех таких платформ.

Распределение тяговых мощностей (для поездов с несколькими локомотивами)

52. В случае грузовых поездов, в которых для осуществления грузоперевозки требуется несколько локомотивов, можно не размещать все локомотивы впереди, а распределить их по всей длине поезда, что позволит снизить потребность в энергии и сократить число требуемых лошадиных сил. В этой связи следует проводить исследования по определению оптимальных конфигураций поездов.

Порожный пробег

53. Меры по сокращению порожнего пробега, в первую очередь грузовых поездов, но также и пассажирских поездов, равным образом окажут положительное влияние на снижение потерь энергии. Для решения этой проблемы некоторые операторы применяют нестандартные решения. Так, например, в Австралии циркулирует «вечный поезд», который генерирует энергию с помощью рекуперативного

²⁵ См. соответствующие технологии (railway-energy.org).

торможения при движении в загруженном состоянии на спуске, а затем использует полученную таким образом энергию, чтобы вернуться на станцию отправления.

Эксплуатация вспомогательных систем

54. Можно предпринять ряд шагов для экономии энергии и в других областях. Например, снижение мощности системы охлаждения путем установки температуры на 1 °C выше/ниже может привести к значительному снижению энергопотребления. Аналогичная экономия возможна и в случае систем отопления и освещения. Что касается освещения, то здесь может оказать влияние максимальное использование естественного освещения, поэтому важно тщательно мыть окна и все пропускающие свет поверхности. Кроме того, сэкономить электроэнергию поможет закрытие отдельных участков вокзалов в непииковые периоды, а также сокращение времени работы декоративного освещения на железнодорожных станциях.

Работы по техническому обслуживанию и реновации на железнодорожных линиях

55. Работы по техническому обслуживанию и реновации на железнодорожных линиях следует планировать таким образом, чтобы избежать перевода поезда на более длинные маршруты: это позволит одновременно экономить электроэнергию и гарантировать постоянное качество обслуживания клиентов. Этот процесс упрощается, если планировать проведение таких работ в ночное время, что позволяет также более эффективно распределять потребление энергии в течение всего дня, тем самым не перегружая электрические сети.

Обучение персонала и повышение информированности клиентов

56. К участию в проектах по энергосбережению следует привлекать работников железнодорожной отрасли, особенно машинистов поездов: их усилия по экономии энергии крайне важны, и они могли бы выступить с предложениями, основанными на их собственном опыте и приемах экономного вождения. Кроме того, сотрудникам должны предлагаться обучающие программы, которые помогут им понять, какие области влияют на текущее энергопотребление и каким образом улучшить свои методы работы.

VI. Последующие шаги

57. В настоящем документе на основе примеров передовой практики в отрасли выделен ряд шагов, которые могут быть предприняты железнодорожными операторами и управляющими инфраструктурой. На данном этапе не представляется возможным подготовить оценку по части суммарной экономии энергии в регионе, потенциально возможной в случае реализации этих инициатив. Таким образом, этот документ следует рассматривать как ступеньку на пути к более детальному анализу инициатив по энергосбережению в железнодорожном секторе.

58. На основе настоящего справочного документа и проведенного предварительного анализа Рабочая группа, возможно, пожелает рассмотреть вопрос о направлении более подробного вопросника государствам-членам и их железнодорожным администрациям, с тем чтобы выяснить, какие инициативы они предпринимают для снижения энергопотребления своими сетями и операторами. Затем на основе полученных ответов на вопросник можно провести более детальный анализ.

59. Рабочая группа, возможно, пожелает обратиться к секретариату с просьбой наладить сотрудничество с международными партнерскими организациями в рамках подготовки такого анализа в целях разработки ряда ключевых рекомендаций по снижению энергопотребления в секторе. В качестве первого шага в этом процессе делегаты, возможно, пожелают ознакомиться с памяткой по энергосбережению, приведенной в приложении к настоящему документу.

Приложение

Памятка по энергосбережению

Приведенная ниже памятка содержит краткий перечень возможных инвестиций и мероприятий, которые могут быть осуществлены национальными железными дорогами. Данный перечень предназначен для использования в качестве руководства при разработке новых энергоэффективных стратегий и подготовке соответствующих инвестиций.

1. Обновление парка поездов, реконструкция железнодорожной сети и вокзалов:

- a) замена и техническое обслуживание старых рельсовых перевозочных средств;
- b) по возможности замена тепловозов на электровозы или на локомотивы, которые имеют два/несколько различных видов тяги;
- c) использование локомотивов, оборудованных системами рекуперативного торможения;
- d) использование локомотивов, оборудованных системами минимизации простоя в режиме холостого хода;
- e) использование в грузовых терминалах новых маневровых тягачей или энергосберегающих локомотивов на двойной тяге;
- f) внедрение технологий помощи при вождении;
- g) обновление оборудования, обеспечивающего комфорт пассажиров, в частности систем освещения и кондиционирования воздуха;
- h) установка датчиков, таймеров и внедрение энергосберегающих технологий;
- i) установка элементов, запитываемых от возобновляемых источников энергии;
- j) электрификация линий и монтаж высоковольтных контактных сетей.

2. Меры по энергосбережению:

- a) планирование маршрутов с небольшим количеством остановок;
- b) снижение средней и максимальной скорости и использование режима выбега;
- c) увеличение загрузки поездов ради сокращения числа запланированных рейсов;
- d) учет аэродинамики и массы;
- e) использование схем оптимального распределения мощности для поездов с более чем одним локомотивом;
- f) сокращение рабочего времени в офисах;
- g) оптимизация использования вспомогательных устройств на вокзалах и в поездах;
- h) обучение персонала потреблению меньшего количества энергии;
- i) информационно-пропагандистская работа с клиентами и пассажирами, направленная на снижение энергопотребления.