

Есть ли перспективы у дизельной тяги?

В странах Европы операторы перевозок, особенно пассажирских, все шире применяют альтернативные виды тяги, в частности на основе аккумуляторов или топливных элементов, стремясь полностью исключить использование дизельных двигателей на подвижном составе. Однако, возможно, потенциал дизельной тяги еще не исчерпан и имеются резервы для ее развития.

В марте 2020 г. германская государственная лизинговая компания Schienenfahrzeuge Baden-Württemberg (SFBW) подтвердила планы закупки 20 электропоездов Mireo Plus B постройки компании Siemens, оборудованных тяговыми аккумуляторными батареями (рис. 1). Подвижной состав, использующий альтернативные источники энергии и обладающий автономностью дизельной и экологичностью электрической тяги, в ближайшие годы появится и в ряде других регионов Германии, в числе которых Рейн-Майн, Шлезвиг-Гольштейн, Средняя Саксония и Нижняя Саксония, заменив дизель-поезда.

Помимо электропоезда с питанием от аккумуляторов, Siemens

в сотрудничестве с канадской компанией Ballard Power Systems разрабатывает поезд с питанием от топливных элементов на базе конструктивной платформы Mireo. Создана также версия электропоезда традиционного типа, работающего от контактной сети. Компания предполагает прекратить поставки дизель-поездов, мотивируя такое решение тем, что спрос на них падает из-за постоянного ужесточения экологических требований.

Тем временем компания Alstom, также входящая в число ведущих мировых поставщиков подвижного состава, в 2019 г. заключила контракты на поставку 8 дизель-поездов Coradia Lint германскому оператору ODEG, 18 ед. – компании

SFBW и 41 ед. – компании Transdev для эксплуатации в Баварии. После подписания в феврале 2020 г. контракта на поставку для Средней Саксонии 11 электропоездов Coradia Continental, рассчитанных на работу от контактной сети и тяговых аккумуляторных батарей, портфель заказов Alstom включает весь спектр современного моторвагонного подвижного состава: поезда, работающие от контактной сети, топливных элементов, аккумуляторов и дизеля.

Предложив на рынке свой поезд Coradia iLint, Alstom стала пионером в области применения топливных элементов на моторвагонном подвижном составе. Два опытных образца поезда поступили в опытную эксплуатацию в Нижней Саксонии в сентябре 2018 г. и уже прошли 180 тыс. км, а свой первый крупный контракт на поставку таких поездов компания заключила еще в ноябре 2017 г., когда транспортная администрация Нижней Саксонии LNVG заказала 14 поездов. Начать их эксплуатацию планируется в 2021 г. В мае 2019 г. было заключено соглашение с дочерним предприятием Fahma Транспортного объединения региона Рейн-Майн (RMV) на поставку 27 поездов со сроком ввода в эксплуатацию в декабре 2022 г.

Alstom активно продвигает применяемые инновационные технологии, организуя демонстрационные поездки нового подвижного состава в разных странах. Так, в 2019 г. был организован демонстрационный тур по регионам Германии, затем – по Нидерландам (рис. 2). Продолжится он в Австрии, где компания Alstom выиграла тендер на опытную эксплуатацию поезда на топливных элементах.

Stadler, Hitachi и CAF также активно работают над разработкой подвижного состава, использующего альтернативные источники



Рис. 1. Поезд Mireo Plus B (компьютерная графика: Siemens)

Рис. 2. Поезд Coradia iLint на испытаниях в Нидерландах

энергии, поскольку спрос на такие решения непрерывно растет. Во Франции планируется приступить к эксплуатации поездов с комбинированным тяговым приводом в конце 2020 г. и начать испытания поездов на топливных элементах в 2022 г., а к 2035 г. — полностью отказаться от дизельной тяги. В Великобритании также проводятся испытания подвижного состава с новыми источниками питания (рис. 3). В Норвегии изучают возможности замены дизельного подвижного состава на поезда с питанием от аккумуляторов. В Австрии проходят опытную эксплуатацию с пассажирами поезда Coradia iLint на топливных элементах и Desiro ML постройки Siemens — на аккумуляторах.

Определенные программой European Green Deal задачи ЕС по уменьшению углеродного следа транспорта стимулируют интерес к альтернативным видам тягового привода. В опубликованной в 2011 г. Белой книге ЕС по транспорту поставлены следующие задачи: выбросы CO₂ планируется сократить к 2030 г. на 30%, к 2035 г. — на 50%, а к 2050 г. — на 90%. При этом в качестве предпочтительных путей достижения этих целей указаны электрификация и использование электроэнергии из возобновляемых источников. Тем не менее до повсеместной электрификации железных дорог в Европе еще далеко. К концу 2017 г. в 27 странах ЕС и Великобритании суммарно было электрифицировано лишь около 54% железных дорог.

Во многих европейских странах приняты масштабные программы электрификации, в частности в Германии, где к 2030 г. предполагается увеличить долю электрифицированных участков с нынешних 52 до 70% суммарной протяженно-



Рис. 3. Поезд HydroFLEX с питанием от топливных элементов проходит испытания в Великобритании

сти сети. Однако затраты на электрификацию довольно значительны, а для выработки электроэнергии не всегда применяются экологически чистые технологии. Кроме того, на участках с небольшой интенсивностью движения электрификация экономически нецелесообразна. Осуществление планов электрификации в последние годы

зачастую сталкивается с проблемами, особенно в Великобритании, где дизельная тяга на многих магистральных линиях остается основной. Тем не менее британское правительство намерено к 2040 г. полностью отказаться от тепловозной тяги.

Среди других европейских стран, в которых доля неэлектрифицированных линий довольно значительна, можно назвать государства Скандинавии, Бельгию, Нидерланды, Испанию, Ирландию и Италию.

Все они имеют заметный потенциал использования альтернативных источников энергии для тяги.

В Северной Америке, несмотря на продолжающиеся исследования в области внедрения альтернативных источников энергии, в частности сжиженного и сжатого природного газа, а также топливных элементов, преобладает использование локомотивов, работающих на дизельном топливе. Электрифицированы лишь отдельные участки, например Северо-восточный коридор и некоторые пригородные линии. На большинстве линий, даже при достаточно интенсивном движении, для вождения как грузовых, так и пассажирских поездов продолжают широко применять тепловозы. Аналогичная ситуация наблюдается в Австралии, большинстве стран Азии, Африки и Латинской Америки.

Альтернативные решения

По прогнозам поставщика дизельных двигателей MTU Friedrichshafen, значительная стоимость – около 1 млн евро/км – делает полную электрификацию железных дорог крайне маловероятной. Поэтому компания не видит угрозы для своего бизнеса. Однако, учитывая изменения спроса и ужесточение требований к экологическим характеристикам, MTU предлагает и альтернативные системы тяговых приводов, например гибридные силовые установки.

Рост спроса на продукцию, использующую альтернативные решения, отмечает и Siemens, причем такие заказы поступают со всего мира, включая североамериканских и австралийских операторов. В тендерах, которые проводятся в европейских странах, все чаще запрашивается конкретный вид тяги, даже если он является не самым дешевым.

Причина в том, что операторы ищут возможности для замены ди-

зельной тяги. За пределами Европы этот процесс только начинается, и у железнодорожных компаний еще нет четкого понимания, какой должна быть дальность пробега подвижного состава с питанием от аккумуляторов или топливных элементов без подзарядки (дозаправки). Альтернативная тяга находится в основном в стадии исследований, однако стремление отказаться от дизельных двигателей уже очень велико.

Для удовлетворения спроса Siemens предлагает различные технические решения: электропоезда с питанием от контактной сети и аккумуляторов с запасом автономного хода 100–120 км, поезда на топливных элементах с пробегом между заправками 600–1000 км. Аналогичные предложения есть и в линейке продукции компании Alstom, которая также предприняла серьезные усилия для увеличения дальности пробега без подзарядки подвижного состава с питанием от аккумуляторных батарей.

Таким образом, технологии уже достаточно развиты для их широкого применения. Однако существенным сдерживающим фактором становится стоимость. Например, суммарная стоимость заказа на поставку 27 поездов Coradia iLint для RMV составила 500 млн евро, из которых 360 млн приходятся на долю Alstom. Для сравнения, приобретение 41 дизель-поезда Coradia Lint в традиционном исполнении обошлось компании-оператору Transdev всего лишь в 150 млн евро, а суммарная стоимость 11 электропоездов с питанием от аккумуляторов, поставленных для Средней Саксонии, составила 100 млн евро.

Следует отметить, что многие из реализуемых в Германии проектов в области альтернативных источников энергии для тяги получили государственные субсидии. Так, Национальная иннова-

ционная программа федерального правительства в области технологии получения водорода и топливных элементов предоставила грант в размере 8,4 млн евро для поддержки строительства станции заправки водородом для поездов Coradia iLint в Бремерфёрде. Хотя этот проект значительно дешевле электрификации, однако он все же намного дороже по сравнению с использованием дизельного топлива.

Существенное различие затрат на реализацию традиционных и альтернативных решений в значительной степени обусловлено сравнительно небольшими масштабами внедрения последних. Чем больше распространяется технология, тем дешевле она становится. Даже если государственное субсидирование не будет продолжаться, правительство может поддержать развитие экологически чистых видов тяги, приняв законодательство, ограничивающее эксплуатацию дизельного подвижного состава в городских районах или вводя плату за выбросы в атмосферу. Операторы также могут несколько сократить эту разницу, изменив условия тендеров на закупку подвижного состава.

С учетом того что государственное субсидирование экологически чистых видов тяги пока получило распространение только в Германии, можно ожидать, что спрос на дизель-поезда и тепловозы будет оставаться стабильным, особенно за пределами железных дорог Европейского союза.

Эксперты сходятся во мнении, что в ближайшие 10–15 лет рынок будет оставаться стабильным и на долю альтернативных видов тяги, как и сегодня, будет приходиться менее 2% всех заказов. За последние 3 года было заключено семь контрактов в этой сфере, причем почти все – в Германии, за исключением одного четырехвагонного поезда с топливными элементами

Рис. 4. Поезд на топливных элементах FLIRT H2, заказанный компании Stadler для округа Сан-Бернардино

FLIRT H2, заказанного компании Stadler транспортным управлением округа Сан-Бернардино штата Калифорния (США, рис. 4). Компания MTU придерживается еще более консервативного мнения, считая, что рынок может оставаться относительно стабильным в течение следующих 30 лет, учитывая имеющиеся проекты электрификации.

Совершенствование характеристик дизелей

Одновременно с расширением применения альтернативных источников энергии улучшаются экологические характеристики дизелей. Европейские нормы содержания вредных веществ в выхлопных газах уровня V, действие которых распространяется на все новые двигатели внутреннего сгорания, вступают в силу с 1 января 2021 г. и требуют существенного улучшения характеристик по сравнению с предыдущими нормативами. Нормы уровня V ограничивают удельные выбросы твердых частиц до 0,015 г/кВт·ч на один моторный вагон или секцию локомотива, что на 40% меньше прежнего норматива, предусмотренного стандартом уровня IV и равного 0,025 г/кВт·ч. Это настолько жесткие требования, что в некоторых сильно загрязненных районах отработанные газы двигателя, соответствующего нормам уровня V, могут оказаться чище, чем окружающая атмосфера.

Экологические показатели современных дизелей зачастую недооценивают. Наглядной иллюстрацией достигнутого в этой области прогресса может служить работа, выполненная компанией Rolls-Royce Power Systems. Поезда Coradia Lint 54 постройки ком-

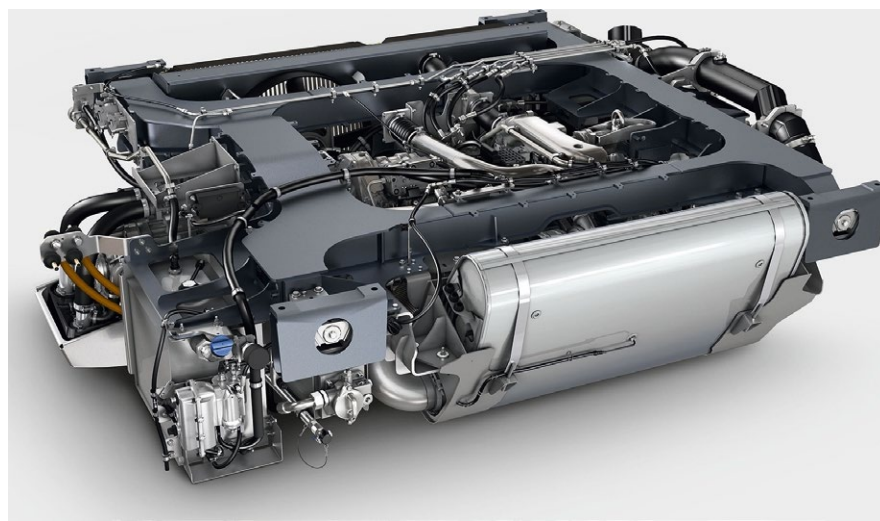


Рис. 5. Гибридная силовая установка для поездов, эксплуатируемых на побережье Боденского озера (фото: MTU)

пании Alstom, эксплуатируемые на побережье Боденского озера, были оснащены гибридными силовыми установками MTU, удовлетворяющими экологическим требованиям уровня V (рис. 5). Современные двигатели показали впечатляющие результаты: выбросы твердых частиц и оксидов азота сократились на 90%, а расход топлива и эмиссия CO₂ – на 25%.

Поставщики отмечают, что, хотя нормы уровня V распространяются только на Европу, заказы на соответствующие этим требованиям двигатели поступают и из других регионов мира.

В линейке продукции компании Voith теперь остались только двигатели, соответствующие экологическим нормам уровня IIIВ и V, которые оснащены системой се-

лективного каталитического восстановления, обеспечивающей уменьшение токсичности отработанных газов. В обществе растет озабоченность по поводу загрязнения воздуха, поэтому компания предлагает заказчикам только самые экологически чистые двигатели. Например, для поставки в Бразилию Voith предложила двигатели, соответствующие требованиям уровня V, хотя формально такие требования к продукции изначально не предъявлялись.

Voith в партнерстве с компанией Liebherr разработала дизельный двигатель, соответствующий новейшим европейским экологическим нормам, и уже заключила пятилетний контракт с Alstom на поставку силовых модулей RailPack 400DM для дизель-поездов Coradia Lint (рис. 6). Изготовитель планирует начать его ресурсные испытания во второй половине 2020 г., чтобы в 2021 г. приступить к серийному производству.

В конструкции силовой установки предусмотрен ряд новшеств, повышающих ее эффективность. Например, гидромеханическая трансмиссия EcoWorld, поставленная компанией ZF, обеспечивает снижение расхода топлива на величину до 5% за счет того, что реверс-редуктор, ранее устанавливаемый на тележке и перенесенный непосредственно на коробку передач, имеет режим выбега, при котором двигатель полностью отсоединяется от тяговой передачи. Это техническое решение также облегчает переключение гибридной системы MTU с дизельного двигателя на тяговый аккумулятор.

Компания ZF положительно оценивает возможности реализации подобной продукции и ожидает, что спрос на дизельный тяговый привод будет оставаться стабильным в течение следующих 10–15 лет, так как резервы для его совершенствования еще весьма значительны. При этом она не отдает предпочтения какой-либо одной технологии. Новейшая шестиступенчатая трансмиссия EcoWorld совместима как с обычным дизелем, например устанавливаемым на дизель-поезд Coradia Lint, так и с гибридными силовыми установками, над которыми ZF работает совместно с MTU. Трансмиссию для поезда на топливных элементах Coradia iLint также поставляет компания ZF.

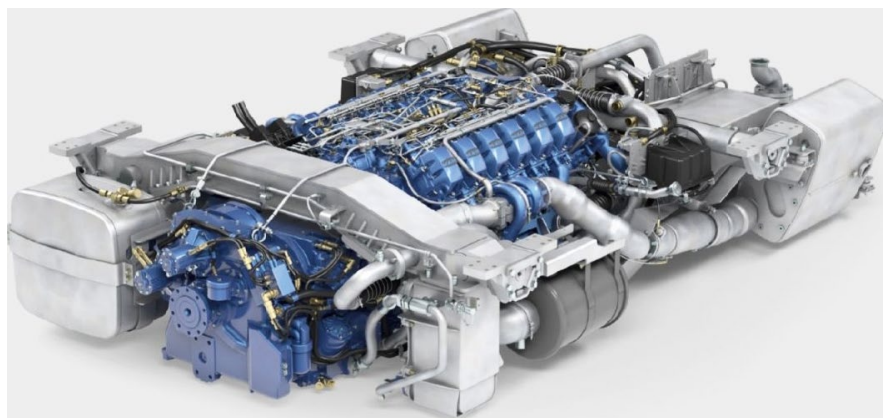
Компания Voith продолжает активно работать в области гибридных технологий, предлагая дизель-генераторные установки и усовершенствованные системы рекуперации энергии.

Новые виды топлива

Однако растущий интерес изготовителей подвижного состава к использованию топливных элементов и тяговых аккумуляторов все же дает поставщикам дизельных силовых установок повод для беспокойства. Конструкция дизельного двигателя достаточно сложна, предприятия по сборке подвижного состава, как правило, не обладают необходимым опытом производства дизелей и предпочитают приобретать их у специализированных поставщиков. Изготовление же тягового привода для поезда, оснащенного аккумуляторами, такой сложности не представляет, и, например, вагоностроительный завод вполне может справиться с этой задачей самостоятельно.

Учитывая это, компании Voith и MTU уделяют пристальное внимание поиску альтернативы дизельному топливу, что позволило бы продлить эпоху двигателей внутреннего сгорания без необходимости существенной модернизации инфраструктуры.

Рис. 6. Силовой модуль RailPack 400DM (фото: Voith)



Одним из рассматриваемых вариантов является биотопливо — смесь продуктов биологического происхождения, например этанола, с дизельным топливом. Биотопливо существует уже несколько десятилетий и действительно способствует снижению потребления дизельного топлива и загрязнения воздуха. Однако из-за повышенной температуры горения оно вызывает более интенсивное отложение налета на деталях двигателя. Кроме того, выявлены проблемы с химической стабильностью такого топлива. Вызывает озабоченность также тот факт, что для выращивания сырья для производства биотоплива приходится вырубать леса или использовать пахотные земли, на которых ранее выращивались растения для получения продуктов питания. Все эти обстоятельства накладывают определенные ограничения на возможности применения биотоплива.

Тем не менее разработки альтернативных видов топлива, использование которых способствует минимизации выбросов соединений углерода, продолжаются. Исследованиями в этой области занимается, например, компания Ineratec, отпочковавшаяся в 2016 г. от Технологического института Карлсруэ. Предложенная компанией технология соединения водорода и углекислого газа относится к классу Power-to-Liquid (энергия в жидкость) и позволяет получать топливо, пригодное для замены бензина, керосина или жидкого масла. Основной ее принцип заключается в том, что избыточная электроэнергия, получаемая из возобновляемых источников, используется для работы электролизной установки, вырабатывающей водород, который при помощи химического процесса Фишера–Тропша комбинируется с CO₂, получаемым из биомассы, атмосферного воздуха или промышленных газообразных выбросов.

Конечный продукт представляет собой прозрачную жидкость, которая сгорает с образованием минимального количества вредных веществ благодаря отсутствию присадок, содержащих, например, серу или хлор. Что касается выбросов CO₂, то в отношении такого топлива абсолютно нейтрально, поскольку при его сгорании в атмосферу выделяется ровно столько углекислого газа, сколько было использовано при его синтезе. Выпускаемая фракция дизельного топлива соответствует требованиям европейского стандарта EN 15940, принятого в 2016 г., что гарантирует его пригодность для всех существующих дизельных двигателей.

На рынке появились и другие схожие продукты, например Shell V-Power – топливо, содержащее синтетическую добавку, которая обеспечивает сокращение вредных выбросов, прямо пропорциональное ее содержанию в топливе. Например, 5 или 10% добавки обеспечивают соответственно 5- или 10-процентное снижение выбросов.

Важным преимуществом технологии Ineratec является компактность и модульность необходимого для ее реализации оборудования. Установка производительностью 350 т топлива в год, использующая электролизер выходной мощностью 1 МВт, размещается в стандартном 40-футовом контейнере (рис. 7). За счет изменения необходимого числа контейнеров масштаб производства легко адаптируется под потребности заказчика. Ведется также разработка модулей большей мощности.

Кроме того, такая технология выгодно отличается тем, что не требует крайне дорогостоящего строительства новой инфраструктуры в отличие, например, от по-



Рис. 7. Установка для получения синтетического топлива компании Ineratec

движного состава, использующего топливные элементы или аккумуляторы. Сеть заправок для нефтяного и газообразного топлива уже существует и не нуждается в реконструкции для перехода к использованию топлива Ineratec.

Конкурентоспособность технологий

Падение цен на нефть в начале 2020 г. ощутимо повлияло на конкурентоспособность синтетического дизельного топлива, так как его себестоимость в большей степени определяется стоимостью электроэнергии, чем нефти. Поэтому для его поставщиков более перспективными рынками являются страны и регионы с дешевой электроэнергией – Норвегия, Чили, Ближний Восток и юг Испании, в то время как Германия по этому критерию для них не очень привлекательна.

Тем не менее достигнуто значительное снижение стоимости про-

изводства синтетического топлива. Если 10 лет назад она составляла около 10 евро/л, то сейчас ее удалось снизить до 2 евро. При этом конкурентоспособным это топливо может стать при цене около 1,5 евро/л, тогда потребителям может оказаться выгодно пойти на небольшое увеличение затрат ради сокращения выбросов CO₂.

В целом можно утверждать: не стоит считать, будто эпоха дизельных двигателей близится к завершению. Еще есть возможности для их совершенствования. Благодаря внедрению современных технологий и альтернативных видов топлива дизельная тяга по-прежнему будет находить применение на железнодорожном транспорте, несмотря на появление таких инновационных источников энергии для тяги, как аккумуляторы и топливные элементы.

Материалы компаний Siemens (www.press.siemens.com), Alstom (www.alstom.com), MTU (www.mtu-solutions.com), Voith (www.voith.com), Ineratec (www.ineratec.de); K. Smith. International Railway Journal, 2020, № 4, pp. 18–21.