



## Моторвагонные грузовые электропоезда – альтернатива локомотивной тяге. Сравнение и анализ



Анатолий ЗАЙЦЕВ



Павел ТРОИЦКИЙ

*Зайцев Анатолий Александрович – Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия.*

*Троицкий Павел Сергеевич – Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия\*.*

Описаны преимущества внедрения модульных грузовых электропоездов в сравнении с грузовыми поездами локомотивной тяги, указаны основные предпосылки для внедрения распределённой моторвагонной грузовой тяги. Приведены результаты сравнения технологии перевозок тягой в голове поезда и поездом с моторными вагонами в составе, а также анализ тяговых расчётов двух видов поездов. Описан международный опыт создания грузовых поездов распределённой тяги.

Отмечены основные направления реализации концепции ускорения грузовых перевозок по территории Российской Федерации. Делается вывод, что в современных условиях, когда скорость становится экономической категорией, необходимо создавать подвижной состав нового поколения (колёсный и на магнитном подвесе), а вопросы внедрения грузовых поездов распределённой тяги вновь становятся крайне актуальными.

**Ключевые слова:** железная дорога, распределённая тяга, ускоренные грузовые перевозки, моторвагонные грузовые электропоезда, инновационный транспорт, тяговые расчёты.

\*Информация об авторах:

**Зайцев Анатолий Александрович** – доктор экономических наук, руководитель научно-образовательного центра инновационного развития пассажирских железнодорожных перевозок, профессор кафедры электрической тяги Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия, [pozrgups@gmail.com](mailto:pozrgups@gmail.com).

**Троицкий Павел Сергеевич** – аспирант кафедры электрической тяги Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия, [paveltroitskiy@mail.ru](mailto:paveltroitskiy@mail.ru).

Статья поступила в редакцию 25.01.2019, принята к публикации 18.06.2019.

For the English text of the article please see p. 77.



Трёхсекционный ЭС5К-011 «Ермак».

**П**овышение эффективности грузовых перевозок является одной из основных задач, стоящих сейчас перед железными дорогами мира. Наиболее обсуждаемое решение — расширение использования тяжеловесных длинносоставных поездов.

Вместе с тем длинносоставное тяжеловесное движение имеет ряд недостатков и рисков:

- обрывы автосцепок и выдавливание вагонов в кривых при управлении поездом на сложных участках пути;

- генерация больших обратных токов, вызванная высокой мощностью электровозов для тяжеловесного движения. Данное обстоятельство оказывает негативное влияние на работу устройств сигнализации и связи, а также вызывает рост числа случаев пережога контактного провода при сосредоточенном токосъёме [1];

- снижение эксплуатационного КПД энергетической установки локомотива при снижении массы поезда, которое стремится к нулю при холостом перегоне [2, с. 23];

- тяжёлые локомотивы (в частности газотурбовозы, многосекционные тепловозы) создают большие сосредоточенные динамические нагрузки, разрушающие железнодорожные мосты, пути и окружающие строения [1, с. 17].

Внедрение грузовых поездов распределённой тяги, дающих возможность увеличить массу поезда и скорости движения, позволяет устранить указанные риски.

Кроме того, принципиально важно, что ставка на наращивание массы поезда в перевозке грузов неизбежно связана с дополнительными затратами средств и времени, резко увеличивающимися при массе поездов от 9 тыс. т [1, с. 28]. Утяжеление поездов до 8–10 тыс. т в массовом поряд-

ке проблематично, так как потребует высокозатратной коренной модернизации всех структур, обеспечивающих перевозку грузов, а сосредоточенная тяга (тяжеловесные составы) может не дать существенных преимуществ по сравнению с распределённой тягой с обычными весовыми нормами. Скорость тяжеловесных поездов будет ниже скорости обычных, что приведёт к снижению пропускной способности участков [3, с. 23].

Основные предпосылки для внедрения распределённой моторвагонной грузовой тяги:

- существенное повышение эксплуатационного КПД энергетической установки поезда;

- возможность комплектации состава любой желаемой грузоподъёмности путём включения или исключения дополнительных моторных вагонов;

- улучшение управляемости поездом, повышение разгонных и тормозных качеств;

- улучшение сцепления колёс с рельсами;

- снижение разрушающего воздействия на путь;

- повышение пропускной способности железнодорожных линий;

- цифровизация управления перевозками [4, с. 17].

Модульная схема исключает потерю продольной устойчивости поезда при торможении из ведущего локомотива, когда вначале происходит торможение локомотива и передних вагонов, и только со значительным запаздыванием затормаживаются средние и хвостовые [5, с. 14]. Под действием инерционных сил они «наваливаются» на локомотив и передние вагоны, и возникает высокая вероятность разрыва и опрокидывания состава.



При этом в немодульном составе рекуперация кинетической энергии тяжеловесного состава во главе с ведущим локомотивом не может быть реализована, в первую очередь, из-за недостаточности сил сцепления локомотива с железнодорожным полотном. Поэтому остановка традиционного грузового поезда производится исключительно механической системой торможения вагонов состава [6, с. 70].

Целью исследования является проверка сравнительных преимуществ моторвагонных грузовых электропоездов на основе тяговых расчётов и анализа опыта эксплуатации модульных составов в ряде стран.

Для достижения указанной цели использовались методы сравнительного анализа, контент-анализ технической информации, специальные инженерные методы для тяговых расчётов применительно к железнодорожному транспорту.

### **МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ СОЗДАНИЯ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ С РАСПРЕДЕЛЁННОЙ ТЯГОЙ**

Попытки организации работы грузовых поездов распределённой тяги были предприняты в середине 1990-х—начале 2000-х годов в Германии и Японии.

Немецкий грузовой поезд CargoSprinter имел постоянную составность, расцеплялся только в депо при проведении работ по техническому обслуживанию и предназначался для перевозки контейнеров и обменных кузовов [7, с. 33]. Компанией Adtranz были разработаны варианты такого поезда с различными видами тягового привода (электрическим, дизельным и гибридным дизель-электрическим) разной мощности (от 1 до 2,5 МВт). Благодаря этому поезда серии CargoSprinter можно было эксплуатировать на альпийских линиях сложного плана и профиля. Предполагалось, что они будут выполнять перевозки грузов без затрат на сортировочные работы. Для перевозок на маршрутах большой протяжённости можно было сцеплять в один состав до семи поездов CargoSprinter или прицеплять их к обычным грузовым поездам [8, с. 39].

Основой поезда серии CargoSprinter с электрическим приводом являлся расположенный в середине состава тяговый модуль, который жёстко интегрирован в состав поезда. Кроме того, для движения по при-

мыкающим неэлектрифицированным линиям в этом же модуле мог быть дополнительно установлен дизель. Два концевых вагона с кабинами управления позволяли использовать поезда на примыкающих путях без замены тяговой единицы и дополнительных маневровых перемещений.

16-ти вагонный грузовой контейнерный электропоезд с распределённой тягой серии M250, работающий в Японии под названием «Super Rail Cargo», включает в себя два моторных вагона в каждом конце состава и двенадцать промежуточных. Моторные вагоны оснащены тяговым приводом с преобразователями на базе транзисторов IGBT и асинхронными тяговыми двигателями общей мощностью  $16 \cdot 220 = 3520$  Вт. Масса поезда брутто равна 730 т, максимальная скорость — 130 км/ч [8, с. 39]. Тележки вагонов не имеют шкворневой балки, в рессорном подвешивании применены пневматические баллоны. Небольшая осевая нагрузка позволяет проходить кривые практически без снижения скорости. В тормозной системе поезда сочетаются электродинамический и фрикционный дисковой тормоза. На моторные вагоны устанавливается по одному, на прицепные — по два тридцатифутовых контейнера [9, с. 31].

В процессе опытной эксплуатации данных поездов выявились их некоторые слабые стороны. А слишком высокая стоимость перевозок стала причиной того, что новые поезда не смогли конкурировать с автомобильным транспортом. Возникали проблемы с вертикальной выгрузкой контейнеров на электрифицированных путях. По мнению ряда авторов, имели место и просчёты в организации эксплуатации поездов этого типа [10, с. 329].

### **РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ ТЯГОЙ В ГОЛОВЕ ПОЕЗДА И ПОЕЗДАМИ С МОТОРНЫМИ ВАГОНАМИ В СОСТАВЕ**

Нами были произведены сравнительные тяговые расчёты для двух участков переменного и постоянного тока с различными профилями пути:

1. Медвежья Гора—Новый Посёлок Октябрьской железной дороги с руководящим подъёмом 12,5 тысячных.

2. Кривенковская—Гойтх Северо-Кавказской железной дороги с руководящим подъёмом 18,4 тысячных.

Для тяговых расчётов на соответствующих участках применены характеристики трёхсекционного электровоза переменного тока ЗЭС5К, трёхсекционного электровоза постоянного тока ЗЭС4К и моторвагонного грузового электропоезда (МГЭП) распределённой тяги, тяговые и тормозные характеристики моторных вагонов которого приняты по аналогии с характеристиками электропоезда ЭС1 «Ласточка» на участках переменного и постоянного тока соответственно.

Расчёты производились с учётом следующих допущений:

- массогабаритные параметры прицепных вагонов электропоезда взяты аналогично параметрам фитинговой платформы модели 23—469—07;
- равновеликая масса перевозимого обоями поездами груза;
- полная и максимально допустимая загрузка по мощности энергоустановки поездов;
- в поезде сосредоточенной тяги расположено по одному локомотиву в голове. 7 моторных вагонов МГЭП распределены по поезду равномерно: для состава на участке Кривенковская—Гойтх в соотношении М:П = 1:5, на участке Медвежья Гора—Новый Посёлок в соотношении М:П = 1:9.

В целом, количество прицепных вагонов, приходящихся на один моторный, принимается расчётно, исходя из плана, профиля пути и массы перевозимого груза.

Выбор фитинговых платформ в составе моторвагонного поезда обусловлен актуальностью решения амбициозных задач, поставленных перед железнодорожным транспортом и предусматривающих:

- создание транзитных транспортных коридоров на территории России, связывающих Восток и Запад;
- увеличение в 4 раза объёма контейнерных перевозок;
- установление скорости доставки контейнеров по маршруту Восток—Запад, позволяющей затрачивать на неё не более 7 суток [11, с. 17—18].

Анализ результатов тяговых расчётов показывает:

1. Коэффициент тары поезда локомотивной тяги ниже, чем моторвагонной. При

снижении потребности в обмоточных вагонах (более ровном профиле железнодорожных участков) снижается коэффициент тары модульного грузового электропоезда (МГЭП), который стремится сравняться с величиной коэффициента тары поезда локомотивной тяги.

2. Манёвренность формирования поездов моторвагонной тяги зависит от мощности применяемых на моторных вагонах тяговых двигателей: использование тяговых двигателей повышенной мощности позволяет уменьшить число моторных вагонов в составе электропоездов и, соответственно, снизить капитальные и эксплуатационные затраты.

При снижении удельной мощности электродвигателей, приходящейся на моторный вагон, повышается манёвренность формирования составов для наиболее полного использования мощности. Однако при этом возрастает коэффициент тары поезда, поскольку большее количество вагонов становится обмоточным. К тому же повышается стоимость технического обслуживания поездов.

Следовательно, при проектировании данного электроподвижного состава необходимо найти оптимальную удельную мощность тяговых двигателей на моторный вагон.

3. Результирующее ускорение при трогании с места в модульном электропоезде выше, чем в поезде с тягой электровоза ЗЭС5К примерно в два раза, силы натяжения в автосцепке моторвагонного поезда ниже примерно в 5,5 раза. При сравнении с поездом, ведомым электровозом ЗЭС5К, — в 2,8 раза и в 8 раз соответственно, с электровозом 4ЭС5К — увеличение ускорения в 2,6 раза, нагрузка на автосцепку ниже в 10,7 раза. Повышение возможности ускорения и замедления грузовых поездов позволит создать резерв повышения пропускной способности железнодорожных линий, особенно на полигонах смешанного грузового и пассажирского движения, где требуются частые остановки грузовых поездов для обгона пассажирскими.

За счёт более чем семикратного снижения нагрузок на автосцепные устройства можно уменьшить нагрузку на раму вагона, сделать вагоны более лёгкими и менее материалоемкими. Расчёт параметров таких вагонов проводится авторами и будет представлен позднее.





Поезд модульной тяги может иметь фиксированную длину при варьировании мощности его энергетических установок за счёт изменения соотношения прицепных/моторных вагонов в составе. Это позволяет адаптировать его под длину приёмо-отправочных путей различных полигонов обслуживания без дополнительных затрат на развитие их путевой инфраструктуры.

Перевозки грузов модульными электропоездами проявят свою максимальную эффективность в первую очередь на полигонах с нестабильным грузопотоком, а также на участках со сложным профилем пути, где возможны вынужденные остановки и разгон на крутых подъёмах и спусках, на которых применяются подталкивание, двойная тяга.

Регулируя количество моторных вагонов в составе в зависимости от предъявленного к перевозке груза-нетто в текущий момент времени, дежурный грузовой станции формирует состав с наиболее полной загрузкой энергоустановок тяговых единиц, приблизив их КПД к единице. И, наоборот, при недостаточной загрузке вагонов, либо выходе поезда на участок с равнинным профилем после тяжёлых подъёмов, можно оперативно отключать энергоустановки отдельных моторных вагонов, регулируя тем самым мощность и экономя энергию на тягу поездов.

## ВЫВОДЫ

Исходя из задач, стоящих перед российскими железными дорогами, можно говорить фактически о создании новой парадигмы, новой технологии организации транзитных перевозок по территории России. Эта новая технология должна впитать в себя весь поток контейнеризируемых грузов на территории России. Основа этой технологии — контейнерные перевозки с высокими скоростями. Реализация концепции, в которой отдаётся приоритет наращиванию скоростей, не требует дополнительных затрат, обеспечивая, тем не менее, радикальное улучшение эксплуатационных показателей железной дороги [6, с. 72].

Основным технологическим средством для освоения этой технологии является, на наш взгляд, модульная схема поездов, обеспечивающая распределение тяги по составу. Необходимо создание моторвагонных грузовых электропоездов, состоящих из моторных и прицепных грузовых платформ, на которых

будут перевозиться стандартные контейнеры или сменные кузова для различных, в том числе, насыпных грузов.

В целом в качестве универсального вывода можно отметить, что в современных реалиях, когда скорость становится экономической категорией, когда необходимо создавать подвижной состав нового поколения (колёсный и на магнитном подвесе) для освоения мировых грузопотоков в рамках международных транспортных коридоров, вопросы внедрения грузовых поездов распределённой тяги вновь становятся крайне актуальными в силу имеющихся у них ощутимых преимуществ перед тяжеловесным длинносоставным движением. Но для реального применения этих преимуществ необходимы детальное технико-экономическое обоснование замены тяжеловесных поездов локомотивной тяги поездами с моторными вагонами, правильная организация и разработка адаптированных к реальным условиям технологий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Александров И. К. Модульный состав — экономия энергии // Мир транспорта. — 2013. — № 5. — С. 28–37.
2. Свинцов Е. С., Бушуев Н. С., Немченко Т. М., Романов А. В. Тяговые расчеты при проектировании железных дорог. Учеб. пособие. — СПб.: ПГУПС, 2004. — 62 с.
3. Курбасов А. С. Тяжеловесное движение грузовых поездов на российских железных дорогах: за и против // Наука и транспорт. — 2012. — № 3. — С. 22–29.
4. Larsson-Kräik, Per-Olof. Rail Maintenance Strategies Bases on Grinding, Wear and Lubrication — Swedish Ore Line (Malmbanan). Proc. 8<sup>th</sup> INHA Conf. Rio de Janeiro, Brazil, 2005, pp. 17–28.
5. Мугинштейн Л. А. Расчет продольно-динамических сил в грузовых поездах с распределённой тягой // Железнодорожный транспорт. — 2009. — № 2. — С. 12–19.
6. Сотников Е. А., Шапкин И. Н. Эксплуатационная работа на железных дорогах мира (окончание) // Железнодорожный транспорт. — 2009. — № 2. — С. 70–72.
7. Батисс Ф. Моторвагонные поезда — альтернатива локомотивной тяге // Железные дороги мира. — 2002. — № 1. — С. 32–35.
8. Обзор редакции. Распределённая тяга в грузовых поездах // Железные дороги мира. — 2001. — № 5. — С. 39–42.
9. Фогель Х. Вопросы увеличения массы и длины поездов // Железные дороги мира. — 2000. — № 9. — С. 31–35.
10. Dave van der Meulen. Railway globalization and heavy haul. Proceedings of the International Heavy Haul Association Specialist Technical Session, Kiruna, Sweden: International Heavy Haul Association, pp. 329–338.
11. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». — С. 17–18. ●