

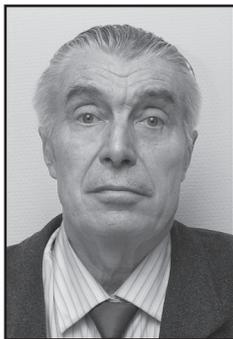


# Системное развитие электрической тяги



Юрий ИНЬКОВ  
Yuri M. INKOV

Валерий ФЕОКТИСТОВ  
Valery P. FEOKTISTOV



Николай ШАБАЛИН  
Nickolay G. SHABALIN

*Иньков Юрий Моисеевич — доктор технических наук, профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ).*

*Феоктистов Валерий Павлович — доктор технических наук, профессор МИИТ.*

*Шабалин Николай Григорьевич — доктор технических наук, профессор, заместитель главного инженера Первой грузовой компании.*

**Первым в России электрическим рельсовым транспортом стал трамвай. Затем электрификация коснулась пригородных железнодорожных линий. Анализ тенденций системного развития электрической тяги. Оценка опыта и перспектив, включая сферу бесконтактного монорельса с электромагнитным подвесом и прогрессирующие виды высокоскоростного сообщения.**

*Ключевые слова:* электрические железные дороги, электрический подвижной состав, системы электрической тяги, электроэнергия.

Одно из наиболее существенных преимуществ рельсового транспорта заключается в возможности его полной электрификации, то есть перевода всего перевозочного процесса на электрическую тягу с питанием подвижного состава от контактной сети. При этом наилучшим образом решаются задачи как организационно-экономического характера, заключающиеся в повышении пропускной и провозной способности транспортных магистралей, снижении себестоимости массовых перевозок грузов и пассажиров, так и экологические проблемы, связанные с обеспечением приемлемого уровня воздействия на окружающую среду, в том числе на людей, по количеству вредных выбросов и шума.

Именно благодаря электрической тяге получил развитие и городской электротранспорт (метро, трамвай, троллейбус). В будущем, несомненно, человек найдет новые решения по массовому внедрению сверхъёмких аккумуляторов для гибридных автобусов и автомобилей, что еще более облегчит экологические и транспортные заботы крупных городов. Особого внимания заслуживает развитие городского и пригородного электротранспорта круп-

а)		б)
Постоянный ток 750 В 1500 В 3000 В	Переменный ток 25 кВ, 50 Гц	Постоянный ток 3 кВ  Переменный ток 25 кВ, 50 Гц
	Переменный ток пониженной частоты 15 кВ, 16 <sup>2</sup> / <sub>3</sub> Гц 12 кВ, 25 Гц (США)	
в)		
Система первичного энергоснабжения (ЕЭС)	Система тягового электроснабжения	ЭПС
Внешняя подсистема (министерство энергетики)	Подсистема ОАО «РЖД»	

**Рис. 1. Современное состояние систем электрической тяги:**  
**а) системы, применяемые в мире;**  
**б) системы в пространстве 1520 (СНГ, страны Балтии, Финляндия);**  
**в) обобщённая структура системы электрической тяги.**

нейших мегаполюсов, а также уже реализуемых мультимодальных систем «город – аэропорт», СПУТНИК, ЭКСПРЕСС.

Однако основная проблематика электрической тяги заведомо связана с железными дорогами – магистральным транспортом, который является базовым стержнем в транспортной системе большинства развитых стран мира.

### ЭФФЕКТ МНОГОСИСТЕМНОСТИ

Столь значительная роль электрической тяги делает необходимым тщательное осмысление как исторических аспектов развития, так и путей её дальнейшего технического совершенствования с учётом накопленного опыта, уже достигнутого технического уровня и возможностей использования в перспективе новейших достижений научно-технического прогресса, в числе и в области создания мощных электровозов. Причем среди главных задач тяги сегодня – параллельное применение нескольких систем электрификации, на что ориентируют специалисты и ЕС, и России.

Исторически первой в мире и России была система электрической тяги с питанием контактной сети постоянным током. Затем в Западной Европе освоили и стали эксплуатировать систему переменного тока с напряжением 15 кВ и пониженной частотой 16<sup>2</sup>/<sub>3</sub> Гц, а в США – 12 кВ и 25 Гц. В дальнейшем после длительных исследований и испытаний в начале 1950-х годов появилась система переменного тока 25 кВ с промышленной частотой 50 (60) Гц, которая и получила широкое распространение в СССР, Западной Европе (Франция,

Англия, Дания, Югославия, Финляндия, Венгрия, Румыния, Болгария), странах Юго-Восточной Азии (Япония, КНР, Индия, Пакистан). Но ряд стран полностью сохранил имевшиеся системы электрификации постоянного тока (Италия, Польша, Испания, Бельгия, КНДР, Нидерланды) или переменного тока пониженной частоты (Германия, Австрия, Швейцария, Швеция, Норвегия) и до сих пор развивают только их (рис. 1а).

В то же время существуют и такие страны, где параллельно развивались две системы электрической тяги – традиционная, постоянного тока, и более прогрессивная, переменного тока промышленной частоты. Наиболее ярким примером являлся СССР: на огромной его территории темпы электрификации с использованием обеих систем были примерно одинаковы (рис. 1б).

С учетом сложившихся реалий на перспективу нужна обобщённая оценка используемых систем электрической тяги, включая и анализ инновационных предложений, ориентированных на создание принципиально иных системных моделей тягового электроснабжения. При этом следует исходить из полной структурной схемы электрической железной дороги, энергетическая цепь которой состоит из относительно автономных элементов (рис. 1в):

- *Первичное электроснабжение.* Эта функция выполняется Единой энергосистемой (ЕЭС) и Федеральной сетевой компанией (ФСК) с использованием систем электрической тяги как постоянного, так и переменного тока. В России, нелишне заметить, железные дороги потребляют



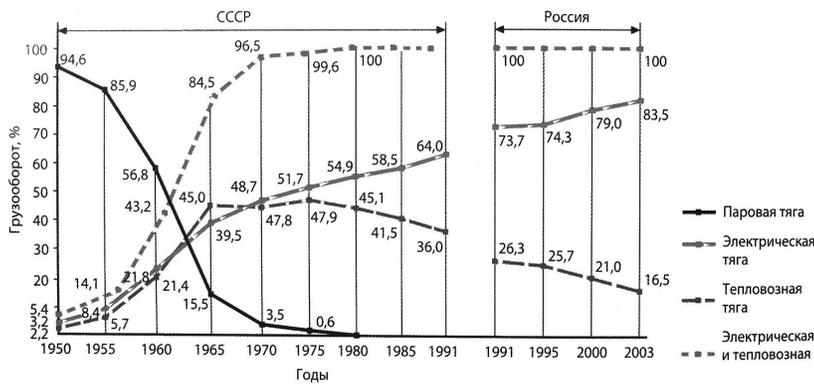


Рис. 2. Освоение грузооборота новыми видами тяги.

около 5% всей вырабатываемой электроэнергии.

- *Тяговое электроснабжение*, включающее тяговые подстанции с питающими их высоковольтными линиями переменного трёхфазного тока, тяговую сеть с постами секционирования контактной сети и нейтральными вставками;

- *Электроподвижной состав* — грузовые и пассажирские электровозы, пригородные и такие высокоскоростные электропоезда, как TGV во Франции, ЭР200 и «Сапсан» в России, ICE в Германии.

### ДИНАМИКА РОСТА

Впервые электрическая тяга в России была применена в конце XIX века на городском рельсовом транспорте — трамвае. В пригородном железнодорожном сообщении электрификация на постоянном токе с напряжением 1500 В реализована в 1926 году в Баку, а затем в 1929 году — на участке Москва—Мытищи.

Почти сразу началась электрификация магистральных участков с использованием более высокого напряжения — 3000 В. Уже тогда стала очевидна целесообразность электровозной тяги на горных участках с крутыми подъёмами и спусками, заметным преимуществом было наличие у локомотива мощных тяговых электродвигателей и рекуперативного торможения. Собственно, этим объяснялось и то, что электрификация поначалу велась на двух направлениях: пригородных маршрутах в зоне крупных городов и горных участках железнодорожных трасс (Кавказ, Урал, Хибины, Карпаты и др.).

Постепенно была выявлена экономическая выгода и в электрификации магистралей с холмистым и даже равнинным профилем пути, если грузонапряжённость превышала определённый критический уровень. Малодеятельные линии переводились на тепловозную тягу.

Динамика этого процесса иллюстрируется рис. 2, где показано, что в период 1950—1970 годов паровая тяга была полностью вытеснена электрической. Хотя доля тепловозной тяги в грузообороте незначительна, полигон её применения составлял примерно половину протяжённости железнодорожной сети.

При анализе графиков на рис. 2 важно отметить, что с 1950 по 1991 год грузооборот железных дорог быстро возрастал (примерно вдвое за каждые 10 лет). Хорошо видно, что основную долю прироста принимали на себя как раз магистрали с электрической тягой. В то же время после распада СССР с 1991 по 2003 год существенного прироста грузооборота не наблюдалось, но имело место его перераспределение между тепловозной и электрической тягой в пользу последней.

Столь интенсивный переход на электрическую тягу был обусловлен ростом протяжённости электрифицированных магистралей. Если в 1950 году они составляли 2,6% сети, то к 1991 году — уже 37,4%. В России к 2003 году — половину сети.

Следует обратить внимание на особую роль системы переменного тока 25 кВ. Первый участок, построенный по этой системе, запущен в 1955 году, после чего был принят план электрификации железных дорог СССР (1956—1971 гг.). Реализованные тем-

пы перехода на электрическую тягу представлены на рис. 3. Причем стоит иметь в виду, что наряду с быстрым внедрением системы переменного тока 25 кВ (Транссиб, Юго-Восточная, Горьковская, Северо-Кавказская, Белорусская железные дороги) примерно теми же темпами продолжалась электрификация линий на постоянном токе 3 кВ. Но вслед за событиями 1991 года из-за падения объёмов перевозок темпы электрификации значительно снизились.

### ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ПРОБЛЕМ

Комплексный анализ сферы использования электрической тяги позволяет выявить некоторые общие закономерности для отечественных железных дорог с системами тяги переменного тока 25 кВ и частотой 50 Гц, а также постоянного тока 3 кВ.

1. Ни одна из систем полностью не удовлетворяет современным технико-экономическим требованиям, в том числе касающимся электромагнитной совместимости с окружающей средой и электро-энергетической совместимости с ЭЭС и ФСК.

2. Обе системы имеют значительный потенциал для совершенствования (например, в сфере применения асинхронных тяговых двигателей, повышения напряжения в контактной сети). На постоянном токе проработаны предложения по напряжениям 6, 12 и 24 кВ, а на переменном токе в мировой практике имеются отдельные участки, работающие при напряжении 50 кВ или по симметрирующей системе 2×25 кВ. Существуют и другие предложения, но все они, как правило, связаны с ожидаемыми перспективами развития силовой электроники и преобразователей для ЭПС.

3. Ранее достаточно остро стоял вопрос о переходе на единую систему электрической тяги, в качестве которой у нас обоснованно предлагалась система переменного тока. Но сейчас острота этой проблемы исчезла по следующим причинам:

- асимметричная загрузка фаз первичной энергосистемы, появление реактивной мощности, наличие индуктивного сопротивления тяговой сети, электромагнитное мешающее влияние — все эти недостатки системы переменного тока нельзя считать окончательно устранёнными, в том

числе и в самой современной системе 2×25 кВ;

- массовое производство многосистемных электровозов в Западной Европе, опыт использования двухсистемных электровозов ВЛ82 и ЭП10, а также двухсистемных электропоездов «Сапсан» и «Аллегро» на отечественных железных дорогах помогли снять практически все трудности, связанные с организацией движения в зоне стыкования разных систем электрификации, обеспечить безостановочный проход стыковых станций с любой скоростью;

- при переходе от коллекторных тяговых двигателей постоянного и пульсирующего тока к АТД с оптимально экономичным частотным регулированием, основанным на технологиях современной силовой электроники и микропроцессорного управления, получается, что дополнительное удорожание ЭПС из-за многосистемности не является столь значительным даже с учётом системы электрического торможения.

Однако для вновь электрифицируемых линий со значительным магистральным движением грузовых поездов и одновременно служащих продолжением тех линий, которые уже электрифицированы на переменном токе, система 25 или 2×25 кВ с частотой 50 Гц является на перспективу единственно возможной. Это подтверждается опытом наиболее молодых отечественных железных дорог (БАМ, Абакан—Тайшет и др.).

4. В то же время и система постоянного тока, надо признать, успешно работает и сохраняется там, где она существует. Тем не менее, в тех случаях, когда двухсистемность создаёт значительные трудности для организации движения поездов, экономически обоснованы и имеют место переводы участков постоянного тока на переменный ток. Примером такого обоснованного и воплощённого решения является перевод на переменный ток участка Иркутск — Слюдянка на Транссибе. В зарубежной практике подобные примеры почти отсутствуют, даже в меньших масштабах.

5. Особенно следует выделить крупные железнодорожные узлы и прилегающие к ним участки с интенсивным приго-



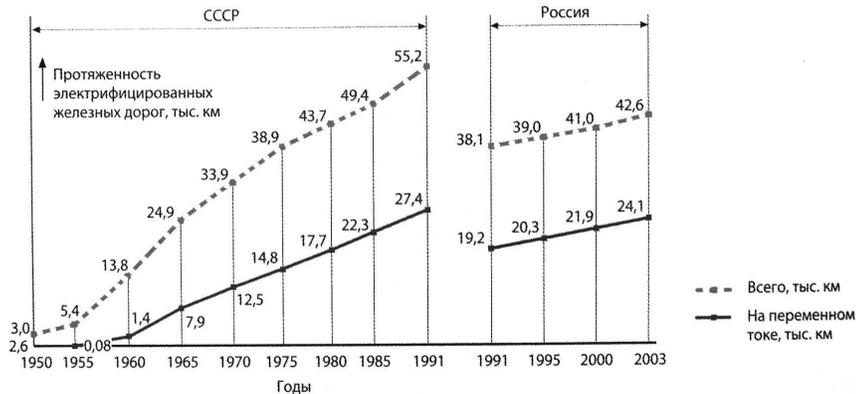


Рис. 3. Динамика роста протяжённости электрифицированных железных дорог.

родным движением, осуществляемым мотор-вагонным электроподвижным составом. Здесь более выгодной считается система постоянного тока, поскольку электропоезд постоянного тока дешевле, проще в обслуживании и ремонте, а также обеспечивает существенную экономию электроэнергии. Это положение чётко доказано применительно к крупнейшим городам России – Санкт-Петербургу, Екатеринбургу, Москве.

### ОЦЕНКА РАЗВИТИЯ

Учитывая актуальность применения электрической тяги в системах железнодорожного, городского и промышленного транспорта, можно сделать следующие предварительные выводы:

- в ближайшей и относительно дальней перспективе следует рассчитывать, что на отечественных железных дорогах будут эксплуатироваться обе системы тяги, и соответственно необходимо развивать и планировать научные и опытно-конструкторские работы по их равнонаправленному совершенствованию;
- особое внимание предстоит уделить массовому применению современной элементной базы силовой электроники и бесколлекторных тяговых электродвигателей, поскольку это позволяет увеличить мощность электровоза на ось до 1200 кВт (ЭП10, ЭП20, 2ЭС10);
- в будущем целесообразно ориентироваться на расширение полигона электрической тяги и постепенное вытеснение ею тепловозной, которая сейчас обслуживает почти половину физической длины желез-

ных дорог, но выполняет всего около 20% приведённого грузооборота брутто;

- детального внимания требует энергетика электрической тяги, в частности проблема удельных энергозатрат на единицу перевозочной работы для разных вариантов организации грузопотоков.

Последний фактор становится всё более определяющим, поскольку расходы ОАО «РЖД» на топливно-энергетические ресурсы составляют почти 40% от себестоимости перевозок. Эти расходы делятся примерно пополам:

- электрическая тяга потребляет около 5 млрд кВт·ч с разбросом цен по отдельным железным дорогам. Самая дешёвая электроэнергия на Восточно-Сибирской и Красноярской дорогах, в их регионах находятся крупнейшие гидроэлектростанции, работающие с недогрузкой. Самая же дорогая электроэнергия – на Московской, Северной, Южно-Уральской и Дальневосточной дорогах, потому что все они значительно удалены от крупных электростанций, принадлежащих к тому же приватизированным электрогенерирующим компаниям.

- тепловозная тяга потребляет дизельное топливо ценой на данный момент около 16000 рублей за тонну (колебания по отдельным дорогам незначительны). Такие по уровню расходы примерно равны расходам на электроэнергию, хотя соотношение по перевозочной работе составляет 1:4.

При этом в пользу электрической тяги еще и следующие факторы энергетического характера:

— ограниченные разведанные запасы нефти, которые при сегодняшнем темпе добычи будут исчерпаны через несколько десятков лет;

— экспорт нефти более выгоден, чем её потребление внутри России (ежегодно добывают около 600 млн тонн и 400 из них экспортируют);

— доля тепловых электростанций, работающих на энергетических углях, в энергобалансе страны составляет около 75%, а запасов этих углей хватит, по меньшей мере, на 600 лет;

— всё более весомыми становятся экологические критерии, а с этой точки зрения электрическая тяга надолго сохранит свои преимущества по сравнению с тепловозной и, несомненно, с бензиновым и дизельным автомобильным топливом;

— развитие высокоскоростного наземного транспорта имеет смысл только на основе мотор-вагонных электропоездов, что в качестве доминирующей тенденции закрепили уже все ведущие страны мира, включая Россию.

Следующий шаг в развитии высокоскоростного транспорта — это отказ от традиционного рельсового пути и переход к бесконтактной монорельсовой системе «магнитный подвес — линейный тяговый электродвигатель». Несмотря на некоторые успехи, достигнутые в Германии и Японии на опытных полигонах, где ходовая скорость достигала 400–600 км/ч, пока ещё нет убедительных коммерческих решений по перевозке пассажиров, кроме как в Китае при небольших расстояниях и скоростях. В России накоплены свои теоретические разработки и технические решения, осуществлённые главным образом в КНР.

В качестве первого этапа для отечественной практики может рассматриваться

монорельсовая дорога в Москве «ВДНХ–Тимирязевская». Хотя она и не стала скоростной и выполнена с пневмоколёсными тележками, на вагонах установлены линейные электродвигатели. Дальнейшее её развитие возможно в виде скоростной кольцевой трассы (условно «Кольцо-4») на магнитном подвесе. Это позволит в перспективе приступить к созданию высокоскоростной линии с большим пассажиропотоком, например Москва — Петербург.

Но пока опыт Евросоюза и Японии показывает, что при максимальной скорости до 300 км/ч более приемлемы рельсовые электропоезда, чем с магнитным подвесом и линейными тяговыми электродвигателями.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Труды ГОЭРЛО. — М.: Соцэкгиз, 1960.
2. План электрификации СССР. — 2-е изд. — М., 1955.
3. Тихменев Б. Н., Перцовский Л. М. Электрификация железнодорожного транспорта: успехи и перспективы. — М., 1971.
4. Сердинов С. М. Повышение надёжности устройств электроснабжения электрифицированных железных дорог. — 2-е изд. — М., 1985.
5. Резер С. М. Взаимодействие транспортных систем. — М.: Наука, 1985.
6. Котельников А. В. Развитие систем электрической тяги. — М., 2005.
7. Галабурда В. Г., Персианов В. А., Тимошин А. А. Единая транспортная система. — М.: Транспорт, 1999.
8. Иньков Ю. М., Феоктистов В. П., Шабалин Н. Г. Эксплуатация и ремонт электроподвижного состава железных дорог. — М.: Изд-во МЭИ, 2011.
9. Электрическая тяга на рубеже веков/Под ред. А. Л. Лисицына. — М.: Интекст, 2000.
10. ГОСТ 6963-75. Транспорт электрифицированный с питанием от контактной сети. Ряд напряжений. — М., 1976.
11. Фукс Н. Л. Перевод электротяги магистрального участка Зима — Слодынка с постоянного тока 3,3 кВ на переменный 27,5 кВ//Железные дороги мира. — 1997. — № 2.
12. Электрифицированные железные дороги России (1929–2004 гг.)/Под общ. ред. П. М. Шилкина. — М.: Интекст, 2004. ●

## SYSTEM DEVELOPMENT OF ELECTRIC TRACTION

**Inkov, Yuri M.** — D.Sc. (Tech), professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).

**Feoktistov, Valery P.** — D.Sc. (Tech), professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).

**Shabalin, Nickolay G.** — D.Sc. (Tech), professor, deputy principal engineer of the JSC Freight One (First Freight Company).

*The tram became the first electrified transport vehicle in Russia. Then it was the turn of suburban railways to be electrified. The authors propose the analysis of the trends in system development of electric traction. They assess the practices as well as the forecasts concerning contactless monorail with electromagnetic suspension and new kinds of high-speed transportation.*

**Key words:** electric railways, electric rolling stock, electric traction systems, electric power.

Координаты авторов (contact information): Иньков Ю. М. — (495) 684–2390, Феоктистов В. П. — (495) 684–2452, Шабалин Н. Г. — (495) 684–2386.





## СКОРЫЕ ПОЕЗДА НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ

**Г**лавный инженер Феликс Риттер фон-Герсон в докладе Verrein'y für die Förderung des Local- und Strassenbahnwesens, в Вене, между прочим, объяснил нижеследующее:

«Трудность достигнуть на паровозных железных дорогах более 90–100 км в час зависит от причин разного рода. Она обусловливается, между прочим, необходимостью тянуть очень значительный мертвый груз, некоторым увеличением веса поезда углем и водою, потерю времени на трогание поезда с места и торможение и, наконец, необходимостью пропускать по одной и той же колее поезда самых разнообразных скоростей, не вызывая путаницы.

Вес паровоза скорого поезда в Америке, Англии и Франции колеблется между 45 и 60 тоннами, так что на имеющиеся обыкновенно <...> 4 вагона по двадцать пять мест каждый, а всего 100 мест в поезде, приходится в среднем 50 тонн веса паровоза, или, при утилизации 50% мест, около 1 тонны на занятое место. Далее, вес 4 вагонов, считая по 30 тонн, составит 120 тонн, а вместе с багажным вагоном в 15 тонн весом всего 135 тонн или 2,7 тонны, а с паровозом – 3,7 тонны на занятое место, что составляет около 32 кг силы тяги на пассажира при скорости 100 км в час.

В случае одновагонного электрического поезда тот же вес составляет, в крайнем случае, 2 тонны на пассажира, или около 15 кг силы тяги, так что уже при скорости 100 км в час сберегается почти 17 кг на пассажира, или около 6,5 лошадиной силы на тот же измеритель, т. е. почти 50%. Если принять во внимание, что при электрической тяге лошадиная сила получается со сбережением почти 60% горючего материала сравнительно с паровозной тягой, то при скорости в 100 км, то же сбережение составит около 80%.

Даже на прямых и горизонтальных участках идеальная скорость паровоза ограничивается тем, что, с одной стороны, вместе со скоростью возрастает сопротивление, а с другой – сила тяги не может превышать  $\frac{1}{7}$  действующего на ведущие оси давления (Adhäsionsgewicht). Таким образом, идеальная максимальная скорость паровоза определяется почти в 260 км. В действительности эта скорость никогда не достигается, так как необходимая для этого скорость поршня недопустима. Впрочем, в Соединенных Штатах установлен как бы рекорд максимальной скорости паровоза от 163 до 180 км (8–11 мая 1893 г. паровозом № 999 завода Балдвина на прямом горизонтальном участке дороги New York Central and Hudson River). Не лишено значения, что еще Стефенсон определял возможную скорость паровоза в 160 км.

Потеря времени, вызываемая троганием паровоза с места и торможением его, тем более имеет значение на паровозных дорогах, что ускорение при паровой тяге колеблется в пределах между 0,5 и 0,15 метра в секунду, а потому в случае малых расстояний между станциями (например в 2,5 км) может быть развита лишь очень небольшая скорость, максимум 25 км в час, которую тотчас же приходится уменьшать торможением. Разнообразие скоростей двигающихся по одной и той же колее поездов влечет за собою многочисленные, прямо и косвенно вызывающие потерю времени, остановки для пропуска скорых поездов...

Выходом из этого затруднительного положения признается необходимость расчленения движения с целью отвлечь с общих путей или скорые поезда прямого сообщения, или местное, пригородное движение, или товарные поезда. Достигая уже давно этих двух последних целей, с одной стороны, устройством подъездных

путей или трамваев, с другой — отвлечением малоценных грузов на водные пути сообщения, в то же время имели в виду электрическую тягу, как замену паровой, оказавшейся недостаточной для скорых поездов большого пробега. Попытки этого рода делались в трех направлениях. Предполагали, во-первых, применять для тяги поездов электровоз, приводимый в действие обыкновенной паровой машиной, установленной на той же платформе (электровоз Гейльмана). Эта попытка после осуществления ее должна быть призвана вполне неудавшейся. Во-вторых, делались опыты применения аккумуляторов, системы очень заманчивой, но в то же время связанной со многими неудобствами и в отношении стоимости и производительности не соответствующей предъявляемым к ней требованиям. Наконец, в-третьих, поиски направились в область собственно электрической тяги с применением тока, развиваемого на центральной станции и передаваемого или непосредственно вагонам, или особого рода электровозу.

...В этих видах построен был участок Nantasket Beach длиной 11 км, дороги New York Newhaven и Hartford, на котором с ноября 1895 г. двигаются поезда со скоростью 12 км, а могут развивать скорость даже до 160 км. Примененная здесь система тяги оказалась настолько удачной, что по этому же плечу предложена еще постройка участка Cohasset-Brain tree в 24 км. С той же целью проектировано сооружение дороги Ливерпуль—Манчестер длиной 48 километров по однопутевой системе Бера (Behr). Скорость поезда предположена 150 км...

Наконец, в самое последнее время в Берлине при участии солиднейших банкирских и заводских фирм, а также высокопоставленных лиц гражданского и военного ведомств образовалось общество для изучения вопроса о скором сообщении на электрических железных дорогах. Весь свой капитал, составляющий 1½ миллиона марок, общество намерено затратить на теоретическое и практическое изучение этого нового способа передвижения, включая постройку пробного участка в 15 км <...>

**М. Б.**

В Англии, родине локомотива, между Ливерпулем и Манчестером, где 70 лет назад была устроена знаменитым Стефенсоном первая в мире железная дорога, в настоящее время проектируется сооружение электрической дороги, по которой движение будет совершаться с невероятной быстротой — 240 км в час. Таким образом расстояние между Ливерпулем и Манчестером — в 52 км — станет проходимо в 18 минут, причем на всем протяжении ни промежуточных станций, ни перекрестков. По этому пути будут ходить не поезда, а отдельные самодвижущиеся вагоны периодически, через каждые несколько минут.

Чтобы уменьшить сопротивление воздуха и облегчить скорость движения, вагонам электрической дороги решено придать форму сигары с заостренными концами, длина вагона будет по крайней мере в десять раз больше его ширины. Внутри вагона расположены скамейки на 25 мест. Кроме сильнейших тормозов вагоны будут снабжены новейшими приспособлениями, которые дадут возможность предупреждать столкновения и избегать на пути движения всякого рода катастроф. Путь электрической дороги между Ливерпулем и Манчестером проектируется продолжить в три рельса, причем средний несколько выше и образует выступ, по которому вагон будет скользить своей продольной выемкой... Для достижения такой огромной скорости, как 240 км. в час, потребуется громадное количество электрической энергии.

Тем не менее, надо желать, чтобы этот опыт был скорее произведен и дал бы, так или иначе, движение другим подобным проектам, как, например, проекту русского электротехника И. В. Романова, предлагающего возвышенную дорогу с электрической тягой от центральной станции и с вагонами, подвешенными к катящимся по рельсам тележкам.

Романов докладывал о своей «надземной, подвесной электрической дороге» в И. Р. Т. Об-ве в 1897 году, а ныне, изменив во многом прежний тип, построил для общего сведения в Гатчине, в пределах территории Императорского дворца, модель такой дороги почти в натуральную величину.

*Железнодорожное дело. — 1900. —  
№ 37. — С. 393—395  
(Из фондов библиотеки МИИТ).*

