

Стратегическое прогнозирование состояния сложной производственной системы — железнодорожный транспорт

Е. А. СОТНИКОВ, К. П. ШЕНФЕЛЬД

Акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»),
Москва, 129626, Россия

Аннотация. Рассмотрены условия и методика разработки стратегического прогноза технико-экономического состояния мирового и российского железнодорожного транспорта на период 30–50 лет и более. Выполнен анализ изменения состояния инфраструктуры, подвижного состава, организации движения поездов и маневровой работы, характера управления перевозочным процессом с 1825 г. по настоящее время. Установлено, что многие количественные и качественные показатели их технико-технологического состояния улучшились за этот период в разы и на порядки. Это позволило железнодорожному транспорту обеспечить высокий уровень конкурентоспособности в транспортной системе мира, в том числе и в нашей стране, несмотря на появление все новых видов транспорта. В то же время некоторые такие показатели в настоящее время близки к максимально возможному и не смогут в перспективе так же быстро расти. Принято положение, что при разработке стратегических прогнозов технико-технологического состояния сложных (больших) производственных систем необходимо определить важнейшие параметры, которые в перспективе могут улучшаться в разы и на порядки, что позволит в рассматриваемой сложной системе достигнуть существенного снижения расходов, сохранить и даже повысить свою конкурентоспособность. Определены основные тренды развития железных дорог на стратегический перспективный период с учетом опоры развития их технико-технологического состояния на достижения фундаментальной и отраслевой науки. Эти тренды учитывают как известные решения, например, высокоскоростные специализированные пассажирские магистрали, так и новые. Реализация предложений позволит железным дорогам достигнуть снижения удельных расходов (на единицу транспортной продукции), сохранить и приумножить свою конкурентоспособность на постоянно развивающемся транспортном рынке.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт; стратегический прогноз; 30–50 лет; технико-технологические решения; достижения научно-технического прогресса; основные тренды развития

Понятие стратегического прогноза. Возможны различные виды прогнозов развития сложных (больших) производственных систем, к которым, несомненно, относится железнодорожный транспорт как самостоятельная транспортная система. Традиционно используются следующие виды прогнозов: оперативный — до 1 месяца, краткосрочный — до 1 года, среднесрочный — от 1 до 5 лет, долгосрочный — от 5 до 15 лет, дальнесрочный — более 15 лет.

В ОАО «РЖД» в целом для системы постоянно выполняются все указанные виды прогнозов. Ежемесячно разрабатываются оперативные прогнозы хода перевозочного процесса в виде месячных технических норм эксплуатационной работы. Месячные планы своей деятельности разрабатывают и все самостоятельные подразделения компании. То же относится и к годовым планам, являющимся по существу краткосрочными прогнозами. В компании разрабатываются также среднесрочные и долгосрочные прогнозы. Так, периодически актуализируется Генеральная схема развития сети железных дорог ОАО «РЖД» на период 5–10 лет и более [1, 2]. На период 15 лет разрабатывается Стратегия научно-технологического развития холдинга «Российские железные дороги» («Белая книга»). Все эти документы имеют важнейшее значение для организации как оперативной работы по перевозкам грузов и пассажиров, так и для технико-технологического развития компании.

Для указанных видов прогнозов характерным является использование в качестве основы прогнозирования в основном хорошо известных технических и технологических решений. Это могут быть, например, уже используемые решения. Так, в Генеральной схеме развития сети железных дорог для различных полигонов предусматривается переход от однопутных к двухпутным линиям, электрификация участков и целых направлений, развитие станций и др. Возможно включение в рассматриваемые виды прогнозов и таких решений, которые на сети ОАО «РЖД» еще не используются, но их научно-техническая разработка в основном завершена, или подобные решения известны из мировой практики, например, строительство высокоскоростных специализированных пассажирских магистралей (ВСМ).

Однако для повышения обоснованности среднесрочных и долгосрочных прогнозов целесообразно выполнять дальнесрочные прогнозы на период более 15 лет, и в их числе прогнозы на значительно более длительные периоды, а именно на период 30–50 лет.

■ E-mail: press@vniizht.ru (К. П. Шенфельд)

Именно такие виды прогнозов, назовем их стратегическими, и рассматриваются в настоящей статье.

Особенности стратегического прогноза. Принципиальным отличием стратегического прогноза от других их видов является повышенный уровень неопределенности использования различных технико-технологических решений, которые будут применяться через 30–50 лет. Например, 50 лет назад, т. е. в 1970-е гг. никто не мог представить бурного развития в настоящее время технологий Интернета или принципиального изменения требований к решению экологических вопросов.

Наиболее сложно предсказать базисные макроэволюции (классификация [3]), которые становятся основой революционных переворотов технико-технологического состояния сложной системы.

Для отечественного железнодорожного транспорта, несомненно являющегося сложной системой, в этой части хорошим примером является принятие в 1950-х гг. решения о генеральном плане электрификации железных дорог на основе стратегических прогнозов развития тяги. С тех пор прошло более 60 лет, и мы хорошо видим все положительные результаты этого решения для отрасли и страны в целом. И наоборот, недооценка прогнозов, выполненных в 1970–80-х гг. о необходимости строительства в стране ВСМ, привела к глубокому отставанию нашей страны в этой области от мирового уровня. То есть важна не только разработка прогноза, но и своевременная его реализация.

Еще древнегреческий философ Аристотель говорил, что благо везде и повсюду зависит от соблюдения двух условий: первого — правильно установленной конечной цели и второго — отыскания соответствующих средств, ведущих к конечной цели. Прогноз в различных его видах, в том числе и стратегический, и есть первое условие достижения «блага». Сегодня это первое условие Аристотеля получило название «целевое состояние».

Для определения в стратегическом прогнозе целевого состояния сложной системы требуется выполнение глубокого анализа возможных макро- и микроизобретений и новаций [3], которые могут быть использованы на железнодорожном транспорте для повышения его эффективности и конкурентоспособности. При этом, конечно, надо хорошо понимать потребности железных дорог в инновациях.

Определение основных трендов развития железных дорог. Чтобы заглянуть далеко вперед, надо хорошо понимать, что было в прошлом, каковы тренды развития отрасли, включая мировой уровень, и где мы находимся в настоящий, исходный для стратегического прогноза период. В табл. 1 приведено изменение основных характеристик технико-технологического состояния мирового железнодорожного транспорта в развитых странах более чем за 190 лет его функ-

ционирования с 1825 г. и по настоящее время по четырем составляющим: инфраструктура (путь), подвижной состав, организация движения поездов и маневровой работы, характер управления перевозочным процессом. Данные представлены для начального и современного состояния, а также некоторого промежуточного состояния, технико-технологические характеристики которого достигались в основном в 1900–1960 гг.

Из данных табл. 1 хорошо видно, насколько кардинальные изменения произошли в техническом и технологическом отношении на железных дорогах мира. Именно поэтому железнодорожный транспорт остался до настоящего времени во многих странах (США, России, Германии, Франции, Китая, Индии, Японии и др.), по существу, основным видом коммуникации, несмотря на бурное развитие авиации, автотранспорта и трубопроводов. Этому железным дорогам удалось достигнуть благодаря тому, что они активно впитывали все основные достижения научно-технического прогресса. При этом для железных дорог характерно, что научные достижения по многим отраслям науки и техники могут использоваться для инновационного совершенствования подвижного состава, инфраструктуры, средств управления. Сегодня — это новые материалы, нанотехнологии, вычислительная техника, цифровая связь и многое другое.

Из анализа данных табл. 1 следует важнейший вывод о том, что железные дороги способны в полной мере соответствовать современным требованиям, предъявляемым к транспортным средствам, при условии эффективного использования достижений научно-технического прогресса.

В стратегическом прогнозе будем исходить из условия, что железные дороги мира и нашей страны будут в полной мере опираться в своем развитии на достижения фундаментальной и отраслевой науки, а их технико-технологическое состояние будет в перспективе изменяться так же энергично, как это имело место за более чем 190 лет функционирования с 1825 по 2017 г.

Отметим прежде всего, что многие количественные и качественные показатели технико-технологического состояния железных дорог изменились за этот период в разы и на порядки [4]. Так, максимальная скорость в пассажирском движении возросла с 60 до 350 км/ч, или в 5,8 раза, осевая нагрузка — с 8 до 40 т/ось, или в 5 раз и т. д. В результате пропускная и провозная способность участков, производительность сортировочных станций, сила тяги локомотивов, грузоподъемность вагона и другие основные характеристики эффективной работы железнодорожного транспорта увеличились в десятки раз.

По нашему мнению, именно возможность значительного (в разы и на порядки) улучшения важнейших

Таблица 1

Изменение технико-технологического состояния
железнодорожного транспорта в развитых странах мира

Table 1

Change in the technical and technological state
of railway transport in developed countries

Инфраструктура (путь)	Подвижной состав	Организация движения и маневровой работы	Характер управления перевозочным процессом
1825 г.			
– чугунные рельсы, 25 кг/м; – деревянные шпалы; – звеньевой путь; – ручной ремонт пути	– паровая тяга; – 2-осные вагоны; – осевая нагрузка 8 т/ось; – ручное торможение; – винтовая сцепка; – $v \leq 60$ км/ч	– телеграфная связь; – семафоры; – выполнение маневров осаживанием; – ручной перевод стрелок	– управление отдельными линиями, движение вагонов только по «своим» линиям; – график движения поездов
1900–1950 гг.			
– стальные рельсы, 40–50 кг/м; – железобетонные шпалы; – рельсовые плети; – отдельные путевые машины	– электрическая и тепловозная тяга; – 4-осные цельнометаллические вагоны; – осевая нагрузка 25 т/ось; – пневматические автотормоза; – автосцепка; – специализация вагонов; – контейнеризация; – $v \leq 200$ км/ч	– жезловая система; – полу- и автоблокировка; – светофоры; – ЭЦ, ДЦ; – диспетчерское управление на участках; – радиосвязь; – сортировочные горки	– взаимодействие между линиями; – централизация управления вагонным парком, план формирования поездов; – доставка грузов «точно в срок»; – управление национальными сетями железных дорог
2017 г.			
– закаленные рельсы из легированных сталей, 70–75 кг/м; – шлифовка рельсов; – плиточное, монолитное основание; – рельсовые плети неограниченной длины; – межремонтный ресурс до 1 млрд т; – машинизированный ремонт; – автоматизация диагностики	– линии ВСМ, $v = 350\text{--}400$ км/ч, рекорд — 574 км/ч; – асинхронный привод; – использование алюминия, новых материалов, нанотехнологии; – цельнокатанные колеса; – электропневматические тормоза; – жесткое сцепное устройство; – осевая нагрузка до 40 т/ось; – тяжеловесное движение, масса поезда до 48 тыс. т, рекорд — 99 тыс. т; – газотурбовозы; – эксплуатационно-ремонтные комплексы с автоматической диагностикой	– интервальное регулирование движения поездов; – диспетчерские центры управления перевозками (ЦУП) на крупных полигонах (до 56 тыс. км); – оптоволоконные цифровые линии связи; – мощные системы передачи данных (СПД); – автоматизация сортировочной работы; – сортировочные станции с местными парками; – параллельный роспуск составов	– интеграция национальных сетей железных дорог (Сев. Америка, Европа, СНГ); – международные транспортные коридоры; – мировая контейнерная сеть; – межгосударственные информационные центры, единые базы данных, информационные технологии; – глубокая специализация подвижного состава; – логистическое управление перевозками, мультимодальные перевозки, контейнерные перевозки

показателей сложных производственных систем на основе реализации достижений научно-технического прогресса является важнейшим условием жизнеспособности таких систем.

В то же время не все показатели могут постоянно значительно улучшаться. Для традиционных железных дорог некоторые показатели сегодня близки к максимально возможному уровню, например, максимальная скорость. Известно, что при скорости более 300 км/ч воздушное сопротивление движению наземного транспорта быстро растет пропорционально квадрату скорости и дальнейший ее рост требует больших затрат энергии. Поэтому сегодня возникла идея поме-

стить подвижной состав в трубу с низким давлением в ней воздуха, но это уже не железнодорожный транспорт, а скорее возможный его конкурент.

В стратегическом прогнозе требуется определить, какие основные параметры и показатели, изменяясь именно в разы и на порядки, позволят железнодорожному транспорту сохранить или даже расширить свои возможности по эффективной перевозке грузов и пассажиров.

Роль железных дорог в мировом транспортном рынке. Благодаря своему инновационному развитию в настоящее время железные дороги мира занимают существенную нишу на высококонкурентном транс-

портном рынке. На рис. 1 показан рост перевозок грузов (в млрд т·км) за 190 лет существования железных дорог и изменение их доли в мировом грузообороте всех видов транспорта (оценочные данные [5–9]). В отдельные исторически краткосрочные периоды в некоторых странах грузооборот железных дорог снижался. Так, в странах Западной Европы это имело место в 1960–80-е гг. Но в это же время быстро увеличивался грузооборот железных дорог СССР и стран Восточной Европы. В 1990-е гг. снижался грузооборот железных дорог США и России. Но в этот период существенно возрастал грузооборот железных дорог Китая. В результате мировой грузооборот железных дорог мира практически непрерывно увеличивался на протяжении всего рассматриваемого периода, что и отражено на рис. 1.

Отметим, что снижение доли грузооборота железных дорог в 1920–30-е гг. и особенно после 1945 г. происходило в первую очередь за счет развития автомобильного и трубопроводного транспорта.

Укажем на достигнутое высокое абсолютное значение грузооборота железных дорог мира, составляющее более 10 000 млрд т·км/год. При численности населения Земли ~ 7 млрд чел. на одного жителя приходится перевозочная работа железных дорог, равная примерно 1,43 тыс. т·км в год, или 3,9 т·км в сутки. То есть для обеспечения современного уровня жизни человечества железные дороги должны ежедневно обеспечить в среднем для каждого жителя Земли перемещение 4-х тонн различных грузов на расстояние 1 км. Для группы наиболее развитых стран этот показатель равен 14,2 т·км/сут, а для России с ее огромными континентальными расстояниями — 42,0 т·км/сут.

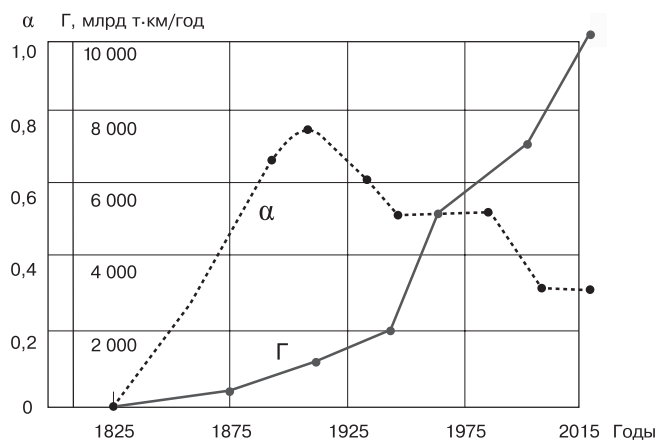


Рис. 1. Изменение объемов перевозочной работы (млрд т·км/год) на железных дорогах мира (Г) и их доли в мировом грузообороте всех видов внутреннего транспорта (α) в 1825–2016 гг. (оценочные данные)

Fig. 1. Change in the volume of transportation (billion t·km/year) on the world's railways (Г) and their share in the world freight turnover of all types of inland transport (α) in 1825–2016 (estimated data)

Ввиду неполноты статистических материалов дать оценку динамики изменения перевозочной пассажирской работы достаточно сложно. Тем не менее общая работа всех видов мирового транспорта (включая городской) в 2016 г. может быть оценена величиной порядка 19000 млрд пассажиро·км, в том числе 2680 млрд пассажиро·км приходится на железные дороги мира [10–14]. Доля российского транспортного комплекса, т. е. общая работа всех видов транспорта, составила 550 млрд пассажиро·км, или 2,9%, при этом Российские железные дороги выполнили 124,5 млрд пассажиро·км. Известно, что подлинной революцией в железнодорожных пассажирских перевозках стала реализация высокоскоростного движения поездов на ВСМ со скоростями в настоящее время до 350 км/ч. На рис. 2 представлена динамика изменения протяженности высокоскоростных магистралей с 1964 г. по настоящее время (данные И. П. Киселева). При этом при длине ВСМ, равной 3 % от общей протяженности мировой сети железных дорог, на них выполняется около 12 % перевозочной работы пассажиров, т. е. ежегодно примерно 300 млрд пассажиро·км (оценочные данные). Роль ВСМ будет и в дальнейшем возрастать.

В целом в настоящее время позиции железнодорожного транспорта на мировом транспортном рынке характеризуются в развитых странах достаточно высоким технико-технологическим уровнем, в основном соответствующим современному уровню развития науки и техники, предоставлением широкого спектра услуг потребителям по перевозке пассажиров и грузов, высокой долей перевозочной работы среди всех видов транспорта и большими размерами абсолютных значений грузооборота и пассажирооборота.

Перспективный объем перевозок. Определим теперь перспективы дальнейшей работы и развития железнодорожного транспорта. Решение этого вопроса необходимо начать с рассмотрения грузовой базы и потребностей населения в перевозках. То есть надо определить характер изменения объемов перевозок грузов и пассажиров на период перспективного прогноза 30–50 лет и более. Этот вопрос далеко не праздный. Если для частного бизнеса, особенно малого и среднего, такой период прогноза не представляет интереса, то для определения государственной транспортной политики, а также перспектив развития отдельных транспортных отраслей, в том числе железных дорог, такой прогноз необходим. Он должен использоваться и при разработке длительно действующей законодательной базы, связанной с комплексным развитием различных видов транспорта.

Главный вопрос определения грузовой базы мирового железнодорожного транспорта в стратегическом прогнозе связан с проблемой продолжительности периода сохранения современного промышленного и экономического уклада жизни человечества, когда

значительную долю в грузовых перевозках железных дорог составляют уголь и нефтяные грузы. Например, на Российских железных дорогах эта доля достигает 45 %. Период массовых перевозок таких грузов теоретически может быть очень большим, поскольку разведанных запасов угля хватит примерно на 500 лет, а нефти — на много десятилетий, причем находятся все новые ее месторождения и методы добычи. Это, однако, не значит, что обеспечение человечества энергией будет долго основано на использовании невозобновляемых природных источников — углеводородов. Постоянно расширяется получение энергии за счет солнечных и ветровых электростанций. К сожалению, атомные электростанции, на которые возлагалось так много надежд, оказались небезопасными. Однако есть большие надежды на получение электроэнергии за счет термоядерного синтеза. Предсказать, когда это случится, сегодня невозможно, но это обязательно осуществится. То же и с топливом для автомобилей, самолетов и другой техники, работающей в настоящее время с использованием двигателей внутреннего сгорания на бензине, мазуте, керосине. Простой переход на электромобили ничего не решает, так как потребуются значительно увеличить выработку электроэнергии на современных электростанциях, в том числе работающих на угле и мазуте. Но возможно использование на транспорте в качестве топлива водорода, и тогда структура перевозимых по железным дорогам грузов может существенно измениться. Однако даже при полном решении научно-технических задач перехода на возобновляемые источники энергии потребуются десятилетия для создания соответствующей инфраструктуры и парка подвижного состава.

Поэтому можно ожидать, что в ближайшие 20–30 лет высокая доля угля и нефти в перевозках железных дорог сохранится. Далее возможно их постепенное снижение.

Но у мирового, в том числе и российского, железнодорожного транспорта есть огромные резервы роста перевозок других грузов. Рассмотрим некоторые факторы, влияющие на увеличение мирового объема перевозок грузов.

Во-первых, население Земли и многих стран, в том числе и России, будет увеличиваться. Необходимо обеспечение каждого человека жильем, питанием, одеждой, транспортом и другими продуктами и услугами, что достигается развитием материального производства. И ресурсы (сырьевые, сельскохозяйственные, строительные и др.) для этого на ближайшие 100 лет имеются. По прогнозам к 2050 г. мировое население составит 10 млрд чел., т. е. численность населения увеличится на 3 млрд чел. Снижение роста народонаселения в отдельные исторически короткие периоды на этот процесс не влияет. Как уже говорилось, на одного жителя Земли приходится в настоящее время примерно 1,43 тыс. т·км в год

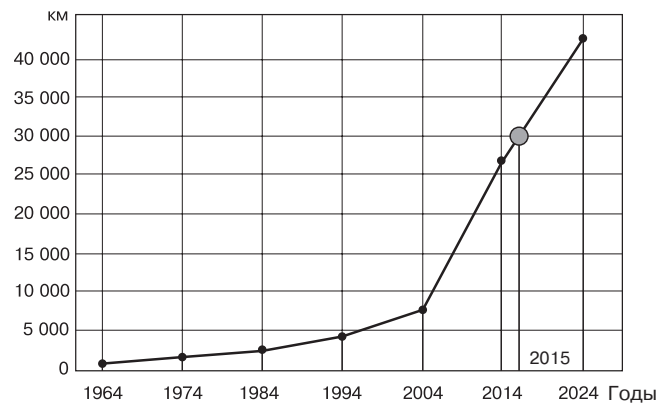


Рис. 2. Динамика развития сети ВСМ в мире с 1964 г., км
Fig. 2. Dynamics of the HS line network development in the world since 1964, km

перевозочной работы железных дорог. То есть прирост населения Земли на каждый 1 млрд чел. означает необходимость прироста перевозочной работы железных дорог, равной 1430 млрд т·км. Но это при условии сохранения среднего жизненного уровня. В развитых странах перевозочная работа железных дорог в 3,6 раза превышает среднемировой уровень. Поэтому при достижении уровня жизни развитых стран можно ожидать увеличения перевозочной работы не менее чем до $1430 \times 3,6 = 5148$ млрд т·км на каждый 1 млрд чел.

При этом, конечно, должны учитываться экологические вопросы, которые могут быть решены на основе инновационного развития, подобно, например, созданию линий ВСМ для освоения междугородных пассажирских перевозок.

По критерию соблюдения экологических требований необходимо обеспечивать снижение воздействия транспорта на окружающую среду даже при увеличении объемов перевозок. При строительстве линий ВСМ как раз это и достигается. Так, подсчитано, что создание сети ВСМ в Европе обеспечило сокращение выбросов углерода в атмосферу ежегодно на 15 млн т за счет переключения на ВСМ возросшего пассажиропотока с авиации, автотранспорта и обычных железных дорог. В грузовом движении снижение удельных энергетических затрат на 1 т·км и, соответственно, снижение вредных выбросов в атмосферу достигается за счет повышения массы поездов, снижения тары вагонов и многих других мер.

Рост населения Земли непосредственно влияет на объем транзитных перевозок грузов по Российским железным дорогам, что должно учитываться в стратегическом прогнозе.

Во-вторых, растет количество и разнообразие сельскохозяйственных и промышленных, потребляемых населением продуктов, что вызывает необходимость увеличения перевозок самых различных групп грузов.

Потребительские оценки мест, занимаемых различными видами транспорта

Table 2

Consumer estimates of places occupied by various modes of transport

Вид транспорта	Занимаемые места по потребительским оценкам		
	Качество обслуживания	Безопасность	Экологичность
Железнодорожный	2	1	1
Автомобильный	1	3	3
Внутренний водный	3	2	2

Так, сегодня Единая тарифно-статистическая номенклатура грузов, перевозимых железными дорогами России, насчитывает более 10 тыс. наименований. С развитием общества, повышением уровня жизни населения такая номенклатура будет расширяться, будут увеличиваться и объемы перевозок.

В-третьих, железные дороги имеют ряд важных преимуществ по сравнению с другими видами наземного транспорта. Это, прежде всего, себестоимость, которая составляет в России на 10 приведенных т·км для железнодорожного транспорта примерно 3,9 руб., речного — 4,5 руб., автомобильного — 66 руб. Железнодорожный транспорт, как известно, является одним из наиболее экологичных видов транспорта. Так, удельные выбросы окиси углерода (CO), определяемые в граммах на 1 т·км, меньше только на морском транспорте (не считая трубопроводного), имеют место низкие удельные выбросы и по другим вредным веществам. Железные дороги отличаются высоким уровнем безопасности. По производительности труда железнодорожный транспорт опережает автомобильный в 9–10 раз. Эти данные говорят о большом потенциале переключения перевозок грузов на железные дороги с других видов транспорта.

На хорошие перспективы общего роста перевозок и преимущества железнодорожного транспорта указывают оценки транспортных экспертов.

Так, в ежегодных опросах французского бюро Norton Rose Fulbright [4], в которых участвуют сотни специалистов транспортного сектора, 82 % опрошенных прогнозируют увеличение перевозок в будущем, 75 % оценивают ситуацию на транспорте как благоприятную. На основе данных различных экономических изданий в табл. 2 приведены потребительские оценки мест, занимаемых различными видами транспорта [4].

Указанные преимущества, безусловно, привлекают владельцев грузов к перевозкам по железным дорогам. В свою очередь железные дороги, внедряя достижения научно-технического прогресса, шире

используя клиентоориентированные технологии (контейнеризация, технология «just in time» и др.), должны увеличивать их привлекательность для перевозок. В противном случае железнодорожный транспорт может лишиться своих преимуществ.

Характерен следующий пример [12]. В 1950-х гг. государственному железнодорожному транспорту Великобритании уделялось недостаточное внимание, было допущено значительное отставание в технической вооруженности. Например, локомотивный парк состоял на 90 % из маломощных паровозов старых серий. Налицо был кризис железных дорог, вызвавший потерю грузопотоков и убыточность. Среди английских специалистов появились пессимистические взгляды на будущее железнодорожного транспорта в стране вообще. В этот период представитель Британского военного министерства Ллойд представил в апреле 1955 г. доклад, посвященный вопросу полной замены в стране железнодорожного транспорта автомобильным с устройством по трассам железных дорог 32 тыс. км новых автомагистралей. Однако государственные деятели Великобритании правильно оценили важную роль железных дорог в жизни страны. Этот доклад подвергся серьезной критике, и вопрос о его реализации не рассматривался, а к железным дорогам страны внимание было повышено для вывода их из кризисного состояния. Тем не менее этот факт говорит о необходимости постоянного сохранения и приумножения конкурентных преимуществ железнодорожного транспорта.

Что касается перспективных объемов пассажирских перевозок, то для железных дорог они более чем оптимистичны. И это является следствием роста населения Земли, особенно в городах, и повышением жизненного уровня людей. На рис. 3 представлена диаграмма роста населения Земли, которое уже к 2030 г. по прогнозам достигнет уровня около 8 млрд чел., хотя темпы прироста населения в дальнейшем будут снижаться.

Демографические прогнозы указывают, что в развивающихся странах рост населения городов будет продолжаться ускоренными темпами. В 2009 г. численность городского населения впервые за всю мировую историю сравнялась с численностью сельского населения, и дальше число городских жителей будет увеличиваться опережающими темпами. Число мегагородов (более 10 млн чел.) в мире к 2030 г. составит более 20, из которых почти 80 % будут располагаться в развивающихся странах. Заметим, что в 1950 г. был только один мегагород — Нью-Йорк. Уже сегодня в Китае в городах проживает более 60 % населения, а к 2030 г. этот показатель составит 70 % при абсолютном числе городских жителей примерно 1 млрд чел. По состоянию на 2010 г. в Китае был 221 город с населением от 500 тыс. до 1 млн. чел. и 81 город с населением

1 млн чел. и более. Быстро растет городское население в Индии и других развивающихся странах.

Рост городского населения имеет два следствия, связанных с увеличением пассажирских перевозок по железным дорогам. Во-первых, это рост пригородных перевозок, а также внутригородских, что характерно, например, для Москвы, Берлина и ряда других городов. И, во-вторых, рост междугородных перевозок на расстояниях до 1000–1500 км, выполняемых скоростными и особенно высокоскоростными поездами по линиям ВСМ. Городское население России сегодня составляет примерно 75 %. В нашей стране основным фактором увеличения перевозок пассажиров выступает рост жизненного уровня и, соответственно, повышение мобильности населения. Железные дороги должны быть готовы к освоению возрастающих перевозок пассажиров и в свою очередь предлагать новые услуги, связанные с повышением скорости, комфорта, удобства расписаний движений поездов для пассажиров, предоставлением гибких тарифов и т. п.

Таким образом, в перспективе 2030–50 гг. и далее предстоит повышение или, по крайней мере, сохранение грузовой базы для перевозок железнодорожным транспортом и существенный рост потребностей населения в передвижениях.

Стратегический прогноз развития технико-технологического состояния. Рассмотрим теперь, какие перспективы имеются у железнодорожного транспорта для сохранения и даже повышения своей роли в мировой транспортной системе на период прогноза 30–50 лет и более. При этом надо понимать, что другие виды транспорта быстро развиваются и в конкурентной среде стремятся занять различные ниши перевозок, традиционно занимаемые железными дорогами. Хорошо известно, например, что в России в последние десятилетия из-за отставания железнодорожного транспорта в своем технико-технологическом развитии часть перевозок срочных (ценных) грузов и пассажиров перешла на автотранспорт. Такой отток перевозок срочных (ценных) грузов приводит к ухудшению финансового положения железных дорог и, соответственно, нарастанию затруднений в финансировании мер по освоению новых технических средств и технологий для повышения их конкурентоспособности.

По аналогии с прошедшим 190-летним периодом развития мирового железнодорожного транспорта надо определить на перспективу 30–50 лет и более дальнейшие возможности увеличения в разы и на порядки важнейших параметров функционирования железных дорог. Только наличие таких перспектив и их реализация, по нашему мнению, позволит им сохранить и усилить свое положение в конкурентной транспортной среде.

Перспективные технико-технологические решения, позволяющие в разы и на порядки улучшать важ-

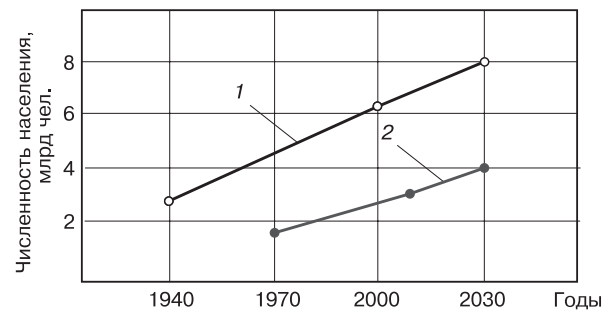


Рис. 3. Рост населения Земли (1) и тренд изменения численности городского населения (2)

Fig. 3. Growth of the Earth's population (1) and the trend of urban population change (2)

нейшие параметры работы железнодорожного транспорта, можно разделить на два типа:

- 1) известные и уже применяемые в мировой практике решения;
- 2) новые решения, для внедрения которых требуются новые научно-технические разработки.

К решениям первого типа относится, например, создание сети линий ВСМ. Российским железным дорогам предстоит наверстать допущенное серьезное отставание от мирового уровня и в перспективе 30–50 лет создать сеть российских ВСМ. Значительный эффект по повышению конкурентоспособности железных дорог в пассажирских перевозках, удельной экономии энергии и материальных ресурсов и другие положительные эффекты ВСМ хорошо известны [15] и нет необходимости их рассматривать. То же относится и к таким мерам, как развитие информационных технологий, повышение осевых нагрузок в грузовом движении, внедрение энергоэффективного подвижного состава (в частности газотурбовозов) и др. Особо следует отметить необходимость на порядок и более увеличения объема контейнерных перевозок, поскольку доля контейнеризации перевозок сегодня исчисляется процентами, а должна исчисляться в перспективе десятками процентов [15], особенно при определенном снижении перевозок угольных и нефтяных грузов.

Более подробно рассмотрим технико-технологические решения второго типа.

Одним из решающих параметров для железных дорог является надежность работы и достигнутый эксплуатационный ресурс технических средств. Современный уровень этого параметра можно оценить как крайне недостаточный. Например, на инфраструктуре Российских железных дорог ежегодно предоставляется около 600 тыс. «окон» различной продолжительности (некоторая часть из которых связана с реконструкцией линий). Для поддержания локомотивов в исправном техническом состоянии между плановыми видами ремонта практически ежедневно выполняются операции по техническому обслужи-

ванию локомотивов с отвлечением их от работы на 2–3 ч. Примерно 12–15% общего локомотивного парка железных дорог постоянно находятся в состоянии выполнения различных видов ремонта. Аналогично положение и по другим техническим средствам железных дорог. Все это вызывает большие расходы и повышение себестоимости перевозок, а значит, и снижение конкурентоспособности железнодорожного транспорта.

На наш взгляд, вполне реально за период стратегического прогноза 30–50 лет и более повысить в разы, а возможно, и на порядок надежность и фактический эксплуатационный ресурс технических средств железных дорог. Основой этого должны стать достижения фундаментальной науки в области материалов — металлов, сплавов, полимерных материалов, в том числе углепластиков, смазок и др. Важно, что инновационные материалы могут обеспечить повышение основополагающих для железнодорожной техники параметров — модуля упругости, статической и динамической усталостной прочности. Однако не надо думать, что новые материалы придут на железнодорожный транспорт сами собой. Без глубокого взаимодействия отраслевой и фундаментальной науки это произойдет либо с большим опозданием, либо с серьезными ошибками. Возьмем, например, проблему взаимодействия в системе «колесо — рельс». Если создать сверхвысокопрочный рельс, то возникнет повышенный износ колес. Возможна и обратная ситуация. Здесь, как и в других вопросах, необходимо оптимизировать принимаемые решения. Нужны исследования, испытания, принятие на этой основе межотраслевых стандартов, которые должны обновляться при достижении новых научных результатов. Особо следует сказать об испытательной базе. Во многих странах мира имеются испытательные полигоны для железнодорожной техники. Так, на железных дорогах США работает специальный экспериментальный полигон (Пуэбло), который имеет длину путевого развития более 80 км и множество испытательных стендов. Здесь непрерывно выполняются испытания путевой техники, подвижного состава и других технических средств. Для проведения различного типа испытаний инфраструктуры и подвижного состава должен и дальше развиваться основной экспериментальный полигон Российских железных дорог на станции Щербинка.

Можно с высокой степенью уверенности утверждать, что многократное (или даже на порядки) повышение надежности и фактического эксплуатационного ресурса технических средств железных дорог, в первую очередь пути, контактной сети, подвижного состава, при правильной организации взаимодействия фундаментальной и отраслевой науки является реальной задачей для российского железнодорожного транспорта.

Большие резервы повышения производительности труда кроются в решении задачи интеллектуализации рабочих мест оперативного управляющего персонала железных дорог [4]. Главное здесь заключается в определении перечня управляющих решений, принимаемых на таких рабочих местах, определении необходимой информационной базы и разработке алгоритмов и программного обеспечения, обеспечивающих принятие оптимальных управляющих решений. Принципиально это означает имитационное моделирование производственных процессов. Сложность решения данной задачи заключается в многообразии частных условий на однотипных рабочих местах. Например, невозможно составить единую модель, описывающую работу всех поездных диспетчеров (ДНЦ). Поэтому требуются глубокие исследования по созданию имитационных моделей работы ДНЦ и других оперативных работников в различных условиях. Выполнение таких исследований с решением задачи интеллектуализации рабочих мест оперативного управляющего персонала позволит в разы расширить зоны управления на таких рабочих местах. Например, на Российских железных дорогах сегодня имеется более 350 диспетчерских участков. В перспективе на основе интеллектуализации процессов управления их число может быть сокращено не менее чем в 3–4 раза. Это относится и к другим объектам оперативного управления во всех хозяйствах железнодорожного транспорта. Непрерывное имитационное моделирование перевозочного процесса обеспечит решение и такой важной задачи, как постоянное принятие оптимальных управляющих решений в каждой конкретной ситуации на всех уровнях управления с получением соответствующего экономического эффекта.

Что касается скоростей движения поездов, то максимальные их значения на традиционном железнодорожном транспорте вырастут, возможно, до 400–500 км/ч на высокоскоростных магистралях и до 120–150 км/ч в грузовом движении. Но есть одна область организации перевозок, где скорость доставки грузов должна вырасти в разы. Эта область — организация перевозок срочных (ценных) грузов. Создание и внедрение специальных технологий их перевозок основано на организации движения групповых поездов на протяженных направлениях с обменом групп вагонов со срочными (ценными) грузами на попутных технических станциях с согласованными по времени расписаниями прибытия и отправления групповых поездов со срочными грузами (модульная система грузовых перевозок [3]). На рис. 4 представлено направление «узел А» — «узел Г» с двумя попутными техническими станциями в узлах Б и В. Для каждого узла определены: точки прибытия и отправления поездов со срочными грузами, затраты време-

ни на технические операции с поездами и перецепку групп на попутных станциях $t_{гр} \approx 2,5$ ч. Эти затраты имеют место на всех станциях — $A_{от}$, а, б, в, г и $\Gamma_{пр}$, где $A_{от}$ — станция отправления груза, $\Gamma_{пр}$ — станция прибытия груза. При доставке срочных грузов от станции $A_{от}$ до станции $\Gamma_{пр}$ затраты времени включают в себя время следования по согласованным расписаниям от станции $A_{от}$ до станции $\Gamma_{пр}$ со скоростями движения поездов 50 км/ч на отрезках общего маршрута: $A_{от} — а$, $г — \Gamma_{пр}$ и 60 км/ч на отрезке $а — г$. Тогда время доставки срочных грузов на всем маршруте длиной 1795 км составит:

$$2,5 \cdot 4 + \frac{620 + 450 + 700}{60} + \frac{15 + 10}{50} = 40,0 \text{ ч.}$$

В этом случае скорость доставки срочных грузов составит 44,9 км/ч, или 1077 км/сут. При следовании срочных грузов в общих поездах с другими грузами среднесуточная скорость доставки может достичь 350–450 км/сут. Основные потери доставки срочных (ценных) грузов сегодня связаны с переработками составов на попутных технических станциях и накоплением составов. Технология групповых поездов с их следованием по согласованным расписаниям позволяет в 2–3 раза повысить скорость доставки срочных (ценных) грузов с их отправлением и прибытием в точно определенное время. Думается, что грузовладельцы в этом случае отдадут предпочтения в перевозке не автомобильному, а железнодорожному транспорту. Это особенно важно в условиях снижения перевозок угольных и нефтяных грузов в перспективе. Конечно, внедрение такой технологии требует соответствующих затрат на путевое развитие технических станций и скоростной подвижной состав.

Большие затраты несет железнодорожный транспорт на маневровую работу. Достигнут высокий уровень автоматизации процесса расформирования составов на сортировочных горках. Современные системы позволяют автоматизировать операции перевода стрелок, торможения отцепов, регулирования скорости роспуска составов. Однако одна из основных операций (расцепка вагонов) выполняется вручную, что сдерживает повышение скоростей и производительность труда при маневровой работе и требует тяжелой и опасной работы составителей поездов и их помощников.

Для автоматизации процесса расцепки вагонов требуется усовершенствовать конструкцию привода автосцепки так, чтобы взаимодействующее с ним напольное устройство было максимально простым. Это необходимо, т. к. такие напольные устройства должны устанавливаться не только на сортировочных горках большой и малой мощности, но и в тысячах других мест выполнения маневровой работы. Решение этой задачи обеспечит комплексную автоматизацию сортировочного процесса, снижение затрат на

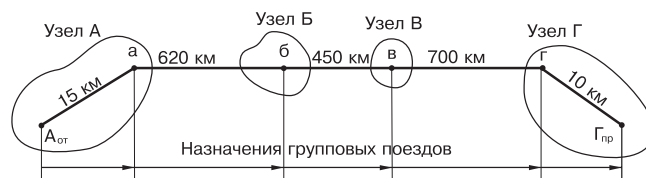


Рис. 4. Организация доставки срочных (ценных) грузов групповыми поездами на маршруте $A_{от} — \Gamma_{пр}$

Fig. 4. Delivery organization of urgent (valuable) goods by group trains in direction "node A" — "node Г"

маневровую работу. Для рассматриваемого периода прогноза решение данной задачи с заменой приводов автосцепных устройств на всем подвижном составе представляется вполне реальным.

Существенные резервы улучшения важнейших параметров имеются у тягового подвижного состава [4]. Использование новых типов тяговых приводов, увеличение осевой нагрузки позволяют улучшить тяговые характеристики и повысить тяговые свойства локомотивов. Внедрение прогрессивных систем тягового электроснабжения снизит потери при передаче электроэнергии к электровозам и электропоездам. Использование альтернативных силовых установок, альтернативных видов топлива и накопителей энергии повысит эффективность автономного тягового подвижного состава. Думается, что на основе массового внедрения многосистемных электровозов, а также перехода на укрупненных полигонах на единый род тока уйдут в прошлое такие понятия, как станции стыкования родов тока, а значит, и связанные с работой этих станций значительные экономические потери. Должен осуществиться переход к вождению соединенных поездов одной локомотивной бригадой.

У грузовых вагонов должна значительно снизиться масса тары на основе использования новых материалов, что позволит существенно увеличить статическую нагрузку вагонов. Грузовые вагоны будут оборудованы электропневматическими тормозами. Вагонный парк будет значительно более специализированным.

Принципиальным вопросом является развитие системы специализированных магистралей как для пассажирского, так и для грузового движения. Это важнейшая мера для значительного роста скоростей движения, экономии топливно-энергетических ресурсов, снижения расходов и повышения конкурентоспособности. Одним из направлений решения этой задачи является рост протяженности многопутных линий. Так, между Москвой и Санкт-Петербургом требуется иметь не менее 4-х главных путей, а на пригородных участках — не менее 6-ти главных путей со специализацией: два пути для обращения поездов ВСМ, два — для грузового движения и два — для пригородного движения.

Перечисленные перспективные технико-технологические решения, конечно, не исчерпывают всех мер. Но и они показывают сколь велики при достаточном инвестиционном обеспечении резервы Российских железных дорог по повышению их конкурентоспособности на транспортном рынке страны, а также в организации транзитных международных перевозок.

Железнодорожный транспорт должен усилить свои позиции как экологически чистый транспорт на основе снижения удельного энергопотребления на 1 т-км, 1 пассажиро-км снижения уровня шума, вибраций, повышения уровня безопасности. Его определение как «эко-дружественного транспорта» [15] должно получить еще большие основания.

Железные дороги будущего можно охарактеризовать примерно следующим образом [4]. Инфраструктура, подвижной состав будут иметь принципиально новый уровень надежности и эксплуатационного ресурса, что позволит осуществлять перевозки с минимумом затрат на различного вида ремонты с большими потерями в эксплуатационной работе. Полностью автоматизированный, высококачественный и всеобъемлющий процесс диагностики обеспечит исключение случаев нарушения безопасности движения. На основе имитационного моделирования производственных процессов на большинстве рабочих мест будут функционировать интеллектуальные системы управления, что обеспечит многократное расширение производственных зон обслуживания и полигонов управления перевозочным процессом. За счет дальнейшей контейнеризации перевозок, широкого внедрения согласованных специализированных расписаний движения поездов со срочными (ценными) грузами на железные дороги будут преимущественно переключены с автотранспорта перевозки срочных грузов, что существенно увеличит доходы железных дорог. Линии ВСМ с повышенными скоростями обеспечат основные перевозки по ним большинства пассажиров на маршрутах протяженностью до 1500–2000 км и более. Будут повышены скорости в пригородном движении. Основной объем пассажирских и грузовых перевозок будет осуществляться на специализированных пассажирских и грузовых магистралях, что обеспечит существенный рост производительности подвижного состава и инфраструктуры. Железнодорожный транспорт на основе снижения удельных затрат энергии, использования альтернативных видов топлива, повышения безопасности существенно повысит свои позиции в качестве экологически чистого транспорта. Решение всех этих задач вполне реально при организации тесного взаимодействия отраслевой и фундаментальной науки с инженерным составом практических работников железных дорог и железнодорожной промышленности.

Выводы. На основании изложенного можно сделать следующие выводы в части стратегического прогноза работы железных дорог.

1. Анализ развития российского и мирового железнодорожного транспорта показал, что его технико-технологическое состояние находится в непрерывном и быстром развитии. Железные дороги постоянно впитывают в себя важнейшие достижения мирового научно-технического прогресса, что позволяет им сохранять высокий уровень конкурентоспособности, несмотря на быстрое развитие других видов транспорта. Такая тенденция должна сохраниться и в перспективе.

2. Предложена методика выполнения стратегического прогнозирования развития железных дорог, основой которой является преимущественный учет в прогнозе технико-технологических решений, позволяющих в разы и на порядки повышать важнейшие параметры работы железнодорожного транспорта.

3. Разработана целевая модель технико-технологического состояния железнодорожного транспорта на перспективный период прогноза, показывающая большие возможности Российских железных дорог по сохранению и приумножению его роли в транспортной системе страны.

4. Стратегические прогнозы определяют основные тренды развития железных дорог, они должны являться важным инструментом при разработке долгосрочных и дальнесрочных прогнозов. Стратегические прогнозы следует разрабатывать как в целом для железнодорожного транспорта, так и для его важнейших составляющих — инфраструктуры, подвижного состава, организации перевозочного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мишарин А.С. Генеральная схема — основа устойчивого развития железнодорожного транспорта // Железнодорожный транспорт. 2016. № 5. С. 11–14.
2. Пехтерев Ф.С. С учетом прогнозов социально-экономического развития страны // Железнодорожный транспорт. 2016. № 5. С. 15–19.
3. Мачерет Д.А., Измайкова А.В. Экономическая роль инноваций в долгосрочном развитии железнодорожного транспорта. М.: МИИТ, 2016. 162 с.
4. Сотников Е.А. Перспективный прогноз состояния железнодорожного транспорта // Железнодорожный транспорт 2017. № 9. С. 74–77.
5. Российский статистический сборник: стат. сб. / Росстат. М., 2016. 725 с.
6. Железнодорожный транспорт в СССР и за рубежом / ЦНИИТЭИ МПС. М., 1981. Вып. 12. 72 с.
7. Железнодорожный транспорт в СССР и за рубежом / ЦНИИТЭИ МПС. М., 1982. Вып. 13. 150 с.
8. Транспорт и связь в России: стат. сб. / Росстат. М., 2014. 112 с.
9. Российский статистический ежегодник: стат. сб. / Госкомстат. М., 2014. 1201 с.
10. Зарубежный транспорт. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1960. 268 с.

11. Хачатуров Т. С. Экономика транспорта. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1959. 587 с.
12. Зарубежный транспорт: сб. 1. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1958. 300 с.
13. Зарубежный транспорт: сб. 2. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1958. 368 с.
14. Загорский К. Я. Экономика транспорта. М.; Л.: Госиздат, 1930. 368 с.
15. Лapidус Б. М., Лapidус Л. В. Железнодорожный транспорт: философия будущего. М.: Прометей, 2015. 232 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

СОТНИКОВ Евгений Александрович,
д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник,
АО «ВНИИЖТ»

ШЕНФЕЛЬД Константин Петрович,
д-р техн. наук, исполнительный директор АО «ВНИИЖТ»

Статья поступила в редакцию 11.07.2017 г., принята к публикации 14.09.2017 г.

Strategic forecasting of complex production system — railway transport

E. A. SOTNIKOV, K. P. SHENFELD

Joint Stock Company "Railway Research Institute" (JSC "VNIIZhT"), Moscow, 129626, Russia

Abstract. The paper considers conditions and methods for developing a strategic forecast for the technical and economic state of the worldwide and Russian railway transport for a period of 30–50 years or more. The analysis was made on changes in the state of infrastructure, rolling stock, organization of train traffic and shunting work, nature of the management of the transportation process from 1825 to the present. It is established that many quantitative and qualitative indicators of its technical and technological state have improved during this period many times and by orders of magnitude. This allowed the railway transport to ensure a high level of competitiveness in the transport system of the world, including our country, despite the emergence of all new modes of transport. At the same time, some such indicators are now close to the maximum possible and will not be able to grow rapidly in the future. It is accepted that in the development of strategic forecasts of the technical and technological state of complex (large) production systems, it is necessary to determine the most important parameters, which in the long term can be improved many times substantially, which in the complex system under consideration will achieve a significant reduction in costs, and even increase their competitiveness. The main trends in the development of railways for a strategic long-term period are determined, taking into account the support of the development of its technical and technological state for the achievements of fundamental and branch science. These trends take into account both known solutions, for example, HS operation and new solutions. The implementation of the proposals will allow the railways to achieve a reduction in unit costs (per unit of transport output), preserve and increase their competitiveness in the constantly developing transport market.

Keywords: railway transport; strategic forecast; 30–50 years; technical and technological solutions; achievement of scientific and technical progress; main development trends

DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2017-76-5-255-265>

REFERENCES

1. Misharin A. S. *General'naya skhema — osnova ustoychivogo razvitiya zheleznodorozhnogo transporta* [General scheme is the basis for sustainable development of railway transport]. *Zheleznodorozhnyy transport*, 2016, no. 5, pp. 11–14.
2. Pekhterev F. S. *S uchetom prognozov sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya strany* [Taking into account the forecasts of

the country's socio-economic development]. *Zheleznodorozhnyy transport*, 2016, no. 5, pp. 15–19.

3. Macheret D. A., Izmaykova A. V. *Ekonomicheskaya rol' innovatsiy v dolgosrochnom razvitiy zheleznodorozhnogo transporta* [The economic role of innovation in the long-term development of rail transport]. Moscow, MIIT Publ., 2016, 162 p.

4. Sotnikov E. A. *Perspektivnyy prognoz sostoyaniya zheleznodorozhnogo transporta* [Perspective forecast of the state of railway transport]. *Zheleznodorozhnyy transport*, 2017, no. 9, pp. 74–77.

5. *Rossiyskiy statisticheskiy sbornik* [The Russian Statistical Collection]. Moscow, Rosstat Publ., 2016, 725 p.

6. *Zheleznodorozhnyy transport v SSSR i za rubezhom* [Railway transport in the USSR and abroad]. Moscow, TSNIITEI MPS, 1981, no. 12, 72 p.

7. *Zheleznodorozhnyy transport v SSSR i za rubezhom* [Railway transport in the USSR and abroad]. Moscow, TSNIITEI MPS, 1982, no. 13, 150 p.

8. *Transport i svyaz' v Rossii* [Transport and Communications in Russia]. Moscow, Rosstat Publ., 2014, 112 p.

9. *Rossiyskiy statisticheskiy ezhegodnik* [Russian Statistical Yearbook]. Moscow, Goskomstat, 2014, 1201 p.

10. *Zarubezhnyy transport* [Foreign transport]. Moscow, USSR Academy of Science Publ., 1960, 268 p.

11. Khachaturov T. S. *Ekonomika transporta* [Transport economics]. Moscow, USSR Academy of Science Publ., 1959, 587 p.

12. *Zarubezhnyy transport* [Foreign transport]. Coll. 1. Moscow, USSR Academy of Science Publ., 1958, 300 p.

13. *Zarubezhnyy transport* [Foreign transport]. Coll. 2. Moscow, USSR Academy of Science Publ., 1958, 368 p.

14. Zagorskiy K. Ya. *Ekonomika transporta* [Transport economics]. Moscow, Leningrad, State Publishing, 1930, 368 p.

15. Lapidus B. M., Lapidus L. V. *Zheleznodorozhnyy transport: filosofiya budushchego* [Railway transport: the philosophy of the future]. Moscow, Prometey Publ., 2015, 232 p.

ABOUT THE AUTHORS

Evgeniy A. SOTNIKOV,
Dr. Sci. (Eng.), Professor, Chief Researcher, JSC "VNIIZhT"

Konstantin P. SHENFELD,
Dr. Sci. (Eng.), Executive Director JSC "VNIIZhT"

Received 11.07.2017

Accepted 14.09.2017

■ E-mail: press@vniizht.ru (K. P. Shenfeld)