

# Увеличение скоростей на железных дорогах России: возможности и преимущества

А. С. КУРБАСОВ, докт. техн. наук, профессор Московского государственного университета путей сообщения



**В сложившихся обстоятельствах целесообразной мерой оптимизации железнодорожных грузоперевозок является снижение коэффициента сцепления колес с рельсами. Уменьшение веса поезда и кратное ему увеличение скорости расчетного режима позволит, не сокращая грузооборота, увеличить пропускную способность сети, сократить парк вагонов и получить ряд других экономических преимуществ.**

Для железнодорожного транспорта всех развитых стран скорость является главным приоритетом. Однако в России этот вопрос должен решаться с учетом ключевых особенностей РЖД. Для нашей страны железные дороги являются основным объектом жизнеобеспечения, и перебои в их работе чреваты ослаблением экономики. Кроме того, российские железные дороги, в отличие от европейских, — это непрерывно действующий конвейер, производительность которого определяется участковой скоростью. Как известно, конвейерное производство требует четкой организации и отлаженности технологии всех операций. В Европе принцип организации работы железных дорог другой, и для них вполне приемлемой является схема, когда грузовые поезда пропускаются ночью, а пассажирские днем.

Прежде всего следует признать, что массовое внедрение высокоскоростного движения в сфере пассажирских перевозок — задача для России невыполнимая. Необходимость транспортировки на дальние расстояния с высокой скоростью предполагает использование авиации. Скорость 350 км/ч на железной дороге будет приемлема в России, но на обособленном пути полигона Москва — С.-Петербург. На других массовых полигонах адекватная максимальная скорость не превысит 200 км/ч, это станет возможно только при условии хорошей проработки графиков с учетом совмещенного движения пассажирских и грузовых поездов.

В отличие от Европы в Российской Федерации основной доход железным дорогам приносят не пассажирские перевозки, а грузовые. Если в европей-

ских странах серьезную альтернативу железнодорожным грузоперевозкам создает автомобильный транспорт, то в России даже небольшие сбои в перевозке грузов по железным дорогам обернутся серьезными проблемами для производств.

## Перегрузка по силе тяги

РЖД справляются с перевозками, но при этом фиксируются и признаки сбоев. В статье «Судьба сентября» («Гудок», 26.09.2011 г.) говорится об отставании в погрузке. О не вполне благоприятной ситуации свидетельствуют данные, приведенные в статье «Проблемная тяга» («Гудок», 14.03.2011 г.): в марте 2011 г. на сети участковая скорость снизилась на 2,9 км/ч, план выполнения по технической скорости достигнут только на трех дорогах; с начала года отмечено 34 тыс. внеплановых заходов в ремонт, что на 25 % выше уровня показателей прошлого года; при этом доля неисправных локомотивов составляет 30 % (тогда как норма — 10 %).

Происходящее объясняется перегрузкой электровозов по силе тяги, когда превышает предельный коэффициент сцепления колес с рельсами. Данную проблему можно решить путем снижения веса поезда при увеличении скорости с той же кратностью. В этом случае не только сохранится провозная способность и грузооборот, но и появится ряд преимуществ и экономических выгод.

Поскольку в России грузовые и пассажирские перевозки совмещены, необходимо в той же кратности увеличить и скорости пассажирских электровозов дальнего следования.

Поясним вышесказанное следующими выкладками.

Грузооборот равен

$$Г = 365 \cdot П_э \cdot n_э, \text{ ткм,}$$

где

$П_э$  — суточная производительность электровоза (т.км);

$n_э$  — эксплуатируемый парк электровозов.

Суточная производительность электровоза равна

$$П_э = m_п \cdot V_y \cdot t_c,$$

где

$m_п$  — вес поезда (т),

$V_y$  — участковая скорость (км/ч);

$t_c$  — суточная работа электровоза в движении (часы).

Из приведенных формул следует, что при заданной численности парка электровозов грузооборот зависит от суточной их производительности, которая при сохранении неизменной времени  $t_c$  равна произведению веса поезда на участковую скорость. Поэтому при увеличении скорости в 1,2 раза и снижении веса поезда в 1,2 раза грузооборот — физическая работа по перевозке — сохранится неизменным.

Продemonстрируем выгоды от такой перестановки приоритетов.

Скорость движения поезда на подъеме — расчетная скорость — хорошо коррелируется с участковой скоростью. Примем ее в исходном варианте 40 км/ч (близко к сетевому значению), тогда в предложенном варианте она будет равна 48 км/ч. Возражений против такого изменения нет, поскольку максимальная скорость электровозов — 120 км/ч, а вагонов, даже устаревших, — 80 км/ч. Нагрузку на путевую структуру не изменится, так как она равна произведению скорости на вес поезда. Исходный вес поезда можно принять равным 3600 т, что близко к сетевому значению, тогда в предложенном варианте он составит 3000 т.

Согласно «Правилам тяговых расчетов», коэффициент сцепления для расчетного режима рекомендуется принимать равным 0,25. Тогда при снижении показателя веса поезда показатель силы

тяги в расчетном режиме сократится в 1,2 раза и, соответственно, коэффициент сцепления составит 0,21.

Далее мы установим, как при таком снижении коэффициента сцепления повысится устойчивость процесса тяги и изменятся сопутствующие показатели, характеризующие перевозки. Наиболее обстоятельные оценки процессов тяги электровозов представлены в [1; 2].

**Ущерб от повышенного коэффициента сцепления**

Из рис. 1 следует, что при коэффициенте сцепления 0,26 и весе поезда 3600 т вероятность растяжек  $P(\Psi_k) = 0,02\%$ , т. е. 2% всех поездов будут иметь растяжки на подъеме. При коэффициенте сцепления 0,21 и весе поезда 3000 т показатель  $P(\Psi_k) = 0,005$  (0,5%), т. е. число растяжек сократится в 4 раза, и это при снижении веса поезда всего на 20%.

Надо отметить, что растяжка поезда на подъеме — серьезный сбой движения, при котором для освобождения полигона требуется дополнительный

локомотив и на всю операцию затрачивается около 1 часа.

Из рис. 2 следует, что при весе поезда до 3200 т число поврежденных тяговых двигателей составляет не менее 0,1% от общего числа; при увеличении веса поезда до 3400 т повреждаемость тяговых двигателей увеличится до 0,6%, т. е. в 6 раз. Таким образом, мы наблюдаем прогрессивный рост количества повреждений при увеличении веса поезда.

Из рис. 3 следует, что коэффициенту сцепления 0,21 соответствует скорость движения на подъеме около 44 км/ч; при коэффициенте сцепления 0,25–0,26 она снизится до 37–33 км/ч. Неблагоприятный эффект связан с увеличенным проскальзыванием колес относительно рельсов.

Из рис. 4 следует, что при коэффициенте сцепления 0,25 исполнение графика составит 60%; при коэффициенте сцепления 0,21 — около 90%. Это отражается на пропускной способности участка. Кстати, в данном случае трудно рассчитывать на успешную реализацию

движения грузовых поездов по расписанию, которая входит в планы ОАО «РЖД».

Ущерб для железных дорог не исчерпывается вышеперечисленным. От перегрузок по условиям тяги увеличивается износ рельсов и бандажей колес, повышается расход песка, что ухудшает дренажные свойства балластного слоя пути.

Проблема эксплуатации тяжеловесных поездов наиболее полно освещена в [3], где указывается, что повышение веса поездов требует серьезного обоснования, и приводятся данные о дополнительных расходах от повышенных коэффициентов сцепления.

**Экономические выгоды**

Расчеты подтверждают, что повышение скорости влечет за собой ряд преимуществ.

Во-первых, оно позволит добиться экономии электроэнергии.

Сопоставление расхода электроэнергии в двух рассматриваемых вариантах можно вычислить как

$$\frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_2} = \frac{m_{п1}(w_{01}'' + i_p)}{m_{п2}(w_{02}'' + i_p)},$$

где  $\mathcal{E}_1$  — расход электроэнергии;  $m_{п1}$  — вес поезда;  $w_{01}''$  — удельное сопротивление вагонов для исходного варианта;  $\mathcal{E}_2, m_{п2}, w_{02}''$  — тоже для рекомендуемого варианта.

Согласно «Правилам тяговых расчетов»,

$$w_0'' = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot v + 0,0025 \cdot v^2}{q_0},$$

где  $v$  — скорость (км/ч);  $q_0$  — нагрузка на ось (т).

Для обоих вариантов:

$$w_{01}'' = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot 40 + 0,0025 \cdot 40^2}{20} = 1,05 \text{ (кг/т)},$$

$$w_{02}'' = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot 48 + 0,0025 \cdot 48^2}{20} = 1,38 \text{ (кг/т)},$$

$$\frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_2} = \frac{3600 \cdot (1,05 + 9)}{3000 \cdot (1,38 + 9)} = 1,16; \mathcal{E}_1 = 1,16 \cdot \mathcal{E}_2.$$

Следовательно, при  $i_p = 9\%$  расход электроэнергии при весе поезда 3600 т на 16% больше, чем при весе поезда 3000 т.

Это объясняется тем, что расход электроэнергии пропорционален весу поезда и мало зависит от удельного сопротивления при небольшом изменении скорости.

При  $i_p = 0$  получим  $\frac{3600}{3000} \cdot \frac{1,05}{1,38} = 1,09$ .

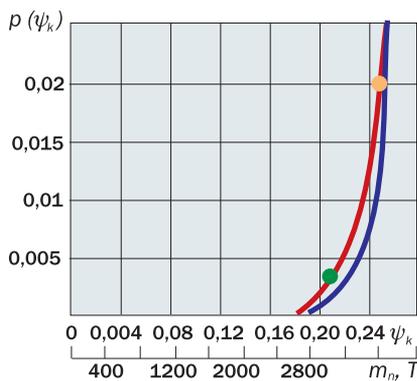


Рис. 1. Вероятность растяжек поездов различной массы с электровозом ВЛ10 на подъеме в зависимости от веса поезда и коэффициента сцепления.

— зависимость, полученная по фактическим данным;  
— расчетная кривая.

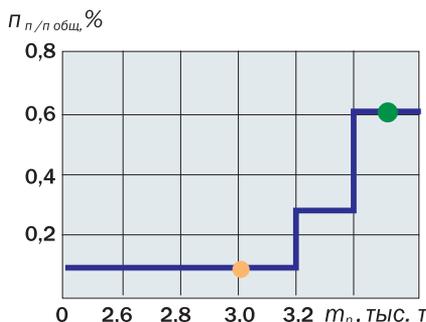


Рис. 2. Зависимость относительного числа повреждений тяговых двигателей электровозов ВЛ10 от веса поезда на участке Восточно-Сибирской железной дороги

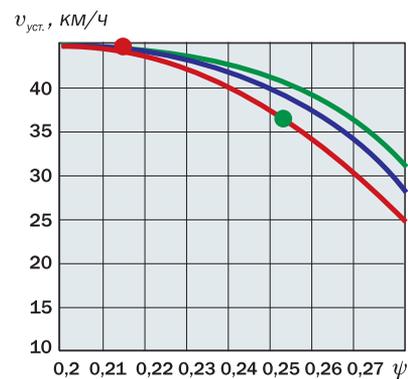


Рис. 3. Зависимость средней установленной скорости движения на подъемах от коэффициента сцепления при регулировании напряжения:

— плавном;  
— многоступенчатом;  
— трехступенчатом.

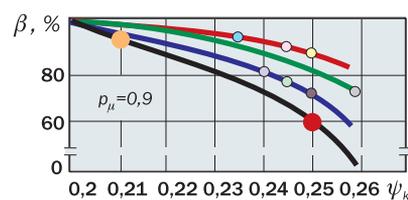


Рис. 4. Зависимость уровня выполнения графика движения поездов от коэффициента сцепления при различной структуре поездопотока:

— однородный поездопоток;  
— поездопоток, в котором поезда расчетной массы составляют соответственно 60, 40 и 20%;  
● тяга при  $m_{п1} = 3600, \Psi_k = 0,25$ ;  
● тяга при  $m_{п1} = 3000, \Psi_k = 0,21$ .

Поскольку участков с подъемами меньше, чем спрямленных участков, допустимо принять экономию энергии, равной 10 %.

Так как в расчетах приведено сопоставление расхода в относительных единицах без учета физической работы в т/км, указанная экономия электроэнергии — это экономия удельного расхода электроэнергии. В программе «Энергетическая стратегия РЖД» в период интервала 2010–2030 гг. предусмотрено снижение удельного расхода электроэнергии всего на 5 % (с. 14,  $106/112 = 0,946$ ). Причем для извлечения такой выгоды предусмотрен набор затратных мероприятий, таких как снижение коэффициента тары вагонов, модернизация системы энергоснабжения и др.

Во-вторых, увеличение скорости приведет к увеличению пропускной способности участков. Для пакетного графика при двухпутных линиях пропускная способность участков равна

$$N = 1400 / I,$$

где  $I$  — временной интервал движения между поездами (мин). Интервал движения

$$I = 0,064 \cdot \frac{3 \cdot L_{\text{бл}} + L_{\text{п}}}{V},$$

где  $L_{\text{бл}}$  — длина блок-участка (м);

$L_{\text{п}}$  — длина поезда (м);

$V$  — скорость на подъеме.

Примем  $L_{\text{бл}} = 1300$  м,  $L_{\text{п}} = 1000$  м, скорости — 40 км/ч и 48 км/ч, тогда

$$I_1 = 0,06 \cdot \frac{3 \cdot 1300 + 1000}{40} = 7,35 \text{ мин.},$$

$$I_2 = 0,06 \cdot \frac{3 \cdot 1300 + 1000}{48} = 6,125 \text{ мин.}$$

Согласно [4], такое уменьшение интервала допустимо.

Соотношение пропускных способностей  $\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$ , тогда  $\frac{N_1}{N_2} = \frac{7,84}{6,53} = 1,2$ .

Следовательно, при увеличении скорости в 1,2 раза пропускная способность участка увеличится в той же кратности. Это благоприятно скажется на тех участках, где пропускная способность на пределе, а таких много.

В-третьих, увеличив скорость, можно будет сократить парк грузовых вагонов. При заданной перевозке грузов в тех же вагонах с прежним коэффициентом тары увеличение скорости грузовых поездов в 1,2 раза при том же количестве локомотивов позволит уменьшить количество вагонов в 1,2 раза. Это позволит сократить капитальные затраты на приобретение вагонов и уменьшить эксплуатационные расходы на содержание парка. Экономический эффект будет весьма весомым.

### Полигон для апробации

Для проверки эффективности предлагаемых мер более всего подходит полигон Мариинск — Карымская (рис. 5), рекомендованный дирекцией движения РЖД [4]. На этом участке длиной 2700 км предполагается пропускать сквозные поезда со сменой только локомотивных бригад. Проект, предложенный Центральной дирекцией

управления движением ОАО «РЖД», является по-настоящему инновационным. Наши предложения могут оказать в данном случае весьма уместными.

На таких больших плечах работы электровоза нужно обеспечить его повышенную надежность, т. е. создать благоприятные условия реализации тяги, обеспечить наименьшую повреждаемость электровозов и запас по пропускной способности за счет некоторого снижения весов поездов при повышенных скоростях движения. Снижение численности парка вагонов при сохранении той же физической работы даст дополнительные преимущества в виде уменьшения затрат на перевозки.

### Оценка устойчивости перевозок

С учетом приведенных доказательств полезно дать оценку устойчивости перевозок. Под этим понятием обычно подразумевают безопасность движения, но в [5] оно расширено, в него включены такие составляющие, как физические условия движения транспортного средства, его надежность, экономическая эффективность, социальная значимость и конкурентоспособность.

Чтобы оценить первую из перечисленных составляющих устойчивости, необходимы глубокие знания физики движения, а именно — особенностей процесса сцепления колеса с рельсом, определяемого коэффициентом трения. Леонардо да Винчи 500 лет назад установил величину коэффициента сцепления, равную 0,25. В Европе для



Рис. 5. Основные полигоны обращения локомотивов. Участок Мариинск — Карымская выделен жирной красной линией. Ист.: статья В. Г. Лемешко «В интересах всех участников транспортного рынка» [4, с. 10]

грузовых поездов коэффициент сцепления принимается равным 0,18–0,2, в итоге отсутствует повышенный износ бандажей и рельсов, почти не используется песок. Приняв коэффициент сцепления равным 0,21, можно значительно улучшить условия тяги и снизить риск схода движения.

### Дополнительные возможности

Существует ряд других возможностей положительного влияния на перевозочный процесс, которые, несмотря на их простоту, иногда оставляют без внимания.

Например, такой показатель, как маршрутная скорость (суточный пробег электровоза), составляет порядка 500–600 км и равен произведению суточной работы электровоза в часах ( $t_c$ ) на техническую скорость, равную примерно 45 км/ч. В этом случае суточная работа составит 11–13 ч, т. е. примерно половину суток. Именно столько времени тратится на ремонты, отстои, пересылки и т. д.

Есть возможность изменить соотношение: 18 часов работы под составом, 8 часов на отстои, тогда эффект будет

равноценен наращиванию парка электровозов в 1,5 раза и, соответственно, в этой кратности можно нарастить грузооборот. Поскольку задача носит организационный характер, она решается без крупных затрат.

Иногда целесообразно идти на некоторое увеличение капитальных издержек, получая крупный выигрыш в эксплуатационных затратах. В частности, было бы перспективно укладывать путь, предназначенный для движения со скоростью  $V = 350$  км/ч (имеется в виду обособленный полигон Москва — Санкт-Петербург), на эстакаду.

\* \* \*

Подводя итоги, заострим внимание на ключевых моментах изложенного.

По такому параметру, как коэффициент сцепления колес с рельсами, грузовые электровозы РЖД работают на пределе, что вызывает сбой в перевозках.

Для повышения устойчивости грузовых перевозок и их экономичности целесообразно при заданном грузообороте снизить вес поезда в 1,2 раза и в той же кратности увеличить скорость расчетного режима. В результа-

те будут достигнуты следующие результаты:

- снижение повреждаемости электровозов;
- увеличение пропускной способности в 1,2 раза;
- сокращение парка вагонов в 1,2 раза;
- экономия электроэнергии на 10%.

Для апробации предложений предлагается использовать участок Маринск — Карымская.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Лисицын А. Л., Мугинштейн Л. А. *Нестационарные режимы тяги. Тяговое обеспечение перевозочного процесса.* — М.: Интертекст, 1996.
2. Лисицын А. Л., Мугинштейн Л. А. *Нестационарные режимы тяги. Сцепление.* — М.: Интертекст, 1996.
3. Пехтерев Ф. С., Шаров В. А. *Повышение веса и длины поездов на основных направлениях // Железнодорожный транспорт.* — 2006. — № 2.
4. Лемешко В. Г. *В интересах всех участников транспортного рынка // Железнодорожный транспорт.* — 2011. — № 8.
5. Курбасов А. С. *Устойчивость перевозок транспортных систем // Транспорт Российской Федерации.* — 2009. — № 2.



XVII Международный форум

# ТЕХНОЛОГИИ БЕЗОПАСНОСТИ

Реклама

**14–17 февраля 2012, павильон 1, Крокус Экспо, Москва**

**Инновации для безопасности России**



- **Единство экспозиции и деловой программы** обеспечивает всестороннее представление инновационных разработок, авторитетных личностей, передового опыта и интересов покупателей
- Ведущее отраслевое техническое мероприятие, объединяющее представителей **коммерческого и государственного секторов**: 14000+ специалистов и руководителей, **отвечающих за закупки** в области безопасности, заранее подготовленных благодаря онлайн-системе GroteckSmartEvent
- **Тематика деловой программы** формируется в целях наиболее звучного представления инноваций, проектов и компетенции экспонентов перед ключевыми партнерами, потребителями и государственными структурами
- **Четкое тематическое разделение экспозиции для удобной навигации по выставке**: технические средства и системы безопасности, безопасность информации и связи, транспортная безопасность
- Неоспоримые **компетенции организаторов** в выставочном бизнесе и на рынке средств и систем безопасности
- **Профессиональная поддержка** более 20 федеральных министерств и ведомств

**Марина Садекова** тел. +7 495 609-32-31 (доб. 2157)  
e-mail: sadekova@groteck.ru

**Ольга Иншакова** тел. +7 495 609-32-31 (доб. 2162)  
e-mail: inshakova@groteck.ru




WWW.TBFORUM.RU