



Рационализация скоростных режимов для безопасного движения поездов



Таисия ШЕПИТЬКО
Taissia V. SHEPITKO

АНТОН БОЛОТОВ
Anton S. BOLOTOV



*Шепитько Таисия Васильевна — доктор технических наук, профессор, директор Института пути, строительства и сооружений Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.
Болотов Антон Сергеевич — аспирант МИИТ, Москва, Россия.*

Rationalization of Speed Modes for Safe Movement of Trains

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 188)

При стратегической заданности на строительство высокоскоростных магистралей с неизбежностью встает вопрос о регулировании скоростей движения поездов с целью обеспечить им безопасность, снизить риски аварийности. Проведенные исследования дают варианты противостояния существующим угрозам, рационализации скоростных режимов на железных дорогах страны. Введено понятие «поездопоток», сделаны расчёты защитных схем.

Ключевые слова: железная дорога, высокоскоростная линия, безопасность, поездопоток, рационализация скоростных режимов.

Известно, что протяженность высокоскоростных железнодорожных линий в Европе составляет 7 тыс. км, в бурно развивающемся Китае — 22 тыс. км. В России запроектирована и планируется к строительству высокоскоростная железнодорожная линия ВСМ-2 «Москва—Казань» протяженностью 770 км с реализацией скоростей движения до 400 км/ч (специализированная или выделенная линия) [1]. При этом, добавим, «Транспортной стратегией Российской Федерации на период до 2030 года» [2] предусматривается реконструкция сети железных дорог России с целью повышения скоростей движения на действующих совмещенных железнодорожных линиях.

Скорости росли и будут расти, тем не менее в ряду других сложных задач одна по этой причине будет оставаться неизменной: повышение уровня безопасности транспортной системы страны, рационализация скоростных режимов движения поездов во имя снижения рисков и аварийности на железных дорогах.

Начиная с 1990-х годов на кафедре «Строительное производство» МИИТ, наряду с разработкой автоматизированной

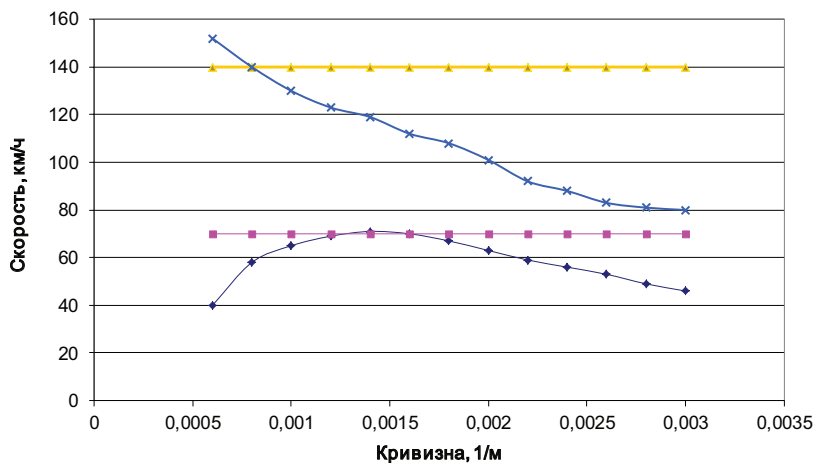


Рис. 1. Скоростные характеристики поездопотока 140–70 км/ч.

системы организационного регулирования, оптимизации и нормализации железнодорожного строительства, под руководством профессора С. П. Першина выполнялись исследования по регулированию скоростного режима движения поездов с целью повышения безопасности перевозок за счет уточнения имевшегося на тот период модельного ряда расчетных моделей и установления в них более строгих формальных взаимосвязей. Результаты исследований отражены в публикациях [3–8].

В статье [9] отмечается, что детальное изучение этой проблемы позволило по-другому расставить приоритеты в анализе экстремальных ситуаций, создающих угрозу безопасности движения поездов. Установлено, что такие ситуации порождаются в основном следующими причинами:

- 1) несоответствие скоростного режима, определяемого экономической эффективностью, плану линии;
- 2) вынужденное искажение геометрии линейных сопряжений;
- 3) деформативность пути под поездной нагрузкой;
- 4) поперечная неустойчивость пути в кривых.

Отсюда важный момент обеспечения безопасного движения поездов — систематизация условий нагружения пути, что достигается введением такого понятия, как поездопоток. В настоящее время его характеризуют всего одним валовым показателем — тоннажем, прошедшим через сечение пути за учетную единицу времени.

Предлагается оценивать поездопоток 25 параметрами (среднее число осей, число поездов в сутки по графику, средняя статистическая нагрузка колеса, верхняя и нижняя границы скоростей и др.), из которых 10 — скоростные.

Для решения задачи обоснования скоростных режимов поездопоток характеризуется интервалом, заключенным между максимальной скоростью самого быстрого и минимальной самой медленного (тяжелого) видов поездов в сопоставлении с ограничениями по недостатку, избытку и максимуму возвышения наружного рельса в функции от кривизны, изменяющейся от минимального до максимального значений, присущих кривым конкретной линии. Эти ограничения выражаются сложными зависимостями, действующими для кривых, радиус которых ориентирован на максимальную скорость поездопотока (меньше критерия пологости).

Ограничения приводят к снижению скорости, что увеличивает время нахождения расчетного поезда на маршруте и вызывает рост энергоемкости перевозок. Уменьшение влияния ограничений требует переустройства кривых недостаточных радиусов. При этом объем реконструктивных мероприятий возрастает с увеличением верхней границы скорости поездопотока и критерия пологости.

Например, в поездопотоке с интервалом скоростей 200–80 км/ч критерий пологости достигает 3410 м. Приведение существующих на сети железных дорог РФ





кривых к этому радиусу потребует больших строительных затрат.

Снижение критерия пологости и, как следствие, объемов реконструкции плана линии может быть достигнуто за счет снижения максимальной скорости быстрых поездов, но, как показали расчеты, ограничения перестают действовать только в поездопотоках с интервалом скоростей 80–50 км/ч.

Экономические трудности — не единственное препятствие повышению скоростей движения пассажирских поездов. Приходится считаться с ограничением по избытку возвышения наружного рельса, которое вводится из соображений безопасности движения грузовых поездов: минимальные скорости их движения не должны быть меньше ограничения. Это ограничение исчезает в поездопотоках с граничными скоростями 100–60 км/ч, наблюдается в точке при скоростях 120–70 км/ч и в интервале радиусов 800–625 м при скоростях 140–70 км/ч и выше (рис.1).

Следовательно, чрезмерная разность в граничных скоростях поездопотока (свыше 50 км/ч в условиях рассмотренных примеров для железнодорожной линии Москва—Красное) порождает экстремальную ситуацию, угрожающую безопасности движения.

Наиболее радикальной мерой её ликвидации является повышение скоростей на нижней границе скоростного интервала поездопотока. Так, при граничных скоростях 200–80 км/ч ограничение по избытку возвышения уже не действует, хотя из-за

недостатка возвышения в кривых радиуса 333 м приходится снижать максимальную скорость поездопотока до 116 км/ч.

При скорости на нижней границе поездопотока 70 км/ч максимальная скорость не должна превышать 120 км/ч, в противном случае требуется повышение уровня скоростей грузовых поездов.

Для западноевропейских дорог скорости движения грузовых поездов 100–110 км/ч не редкость, реализуются уже и скорости грузового движения 160 км/ч. Появление таких скоростей на железных дорогах России сопряжено с модернизацией тележек и тормозных устройств. Кроме того, нужно обеспечить равномерность осевых нагрузок по длине состава, что требует жесткого весового контроля при погрузке.

Из приведенных рассуждений видна целесообразность создания специализированных высокоскоростных пассажирских линий, движение грузовых поездов на которых будет исключено, либо организовано в контейнерах, как это предполагается реализовать на ВСМ-2 Москва—Казань.

Кроме отклонения скоростного режима от допустимого возникновению экстремальных ситуаций способствует искажение геометрии криволинейных сопряжений, например из-за недостатка места на существующем земляном полотне. Поэтому для всякого сопряжения необходимо производить расчеты ширины основной площадки и уширения земляного полотна с наружной стороны кривой, поскольку разнообразие условий не позволяет прибегнуть к нормативным обобщениям.

Для выявления влияния на развитие экстремальных ситуаций деформативности пути может использоваться разработанная в начале 1970-х годов модель бесконечно длинной балки на непрерывно-разрывном основании. Путем моделирования воздействия изменяющейся колесной нагрузки на обособленную опору с изменяющейся вертикальной жёсткостью с использованием случайных чисел, распределенных по закону Гаусса, получается схематизированный динамический профиль пути как разовая реализация траектории движения колеса и источник динамической добавки от прохода колеса по этой траектории.

Расчеты, проведенные С. П. Першиным [8], выявили решающее влияние на деформативность пути вариаций колесной нагрузки, возрастающее с ростом скорости. Установлено также более сильное деформирующее воздействие на путь грузовых поездов по сравнению с пассажирскими. Функция накопления необратимых деформаций, в порядке первого приближения, принята линейной. Выявлено существенное влияние необратимых деформаций на общие показатели деформативности. Выполняемые исследования позволят получить статистические характеристики упругих прогибов и давлений на шпалы в функции скорости для каждого вида поездов и учесть необратимые осадки, возрастающие по мере пропуска тоннажа. Наличие такой информации помогает непосредственно устанавливать периодичность выправок и ремонтов пути, которая является сложной функцией скоростного режима, пропущенного тоннажа, уровня и характера нагружения пути.

Для определения влияния на развитие экстремальных ситуаций поперечной устойчивости пути рассматривается сложное движение вагонной тележки с учетом факторов, способных существенно повысить сопротивление её повороту относительно кузова вагона. При определенной величине этого сопротивления создается реальная угроза безопасности движения. Должен быть предложен комплекс мер, исключающих возникновение экстремальных ситуаций такого рода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изменение скоростных режимов движения поездов вообще и повышение скоростей движения пассажирских поездов в частности влечет за собой целый комплекс организационно-технических мероприятий, к планированию которых обязателен глубоко продуманный подход. При этом следует понимать, что для надежного прогнозирования экстремальных ситуаций, возникающих при движении поездов с высокими скоростями, необходимо тщательное изучение нормальных ситуаций с разработкой адекватных реальным условиям моделей поведения сложнейшей системы «железная дорога» с учётом взаимодействия всех её составляющих.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проект строительства участка «Москва—Казань» высокоскоростной железнодорожной магистрали «Москва—Казань—Екатеринбург». Информационный меморандум. Февраль 2014 г., РЖД, Москва: 48 с. [Электронный ресурс]: <http://www.oprf.ru/files/MemoMoscow-KazanRU.pdf>. Доступ 01.09.2016.
2. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года (с изменениями на 11 июня 2014 года, внесенными распоряжением правительства Российской Федерации от 11 июня 2014 года № 1032 р).
3. Першин С. П. Обоснование выбора расчетных скоростей поездопотока для установления возвышения в кривых // Фундаментальные и поисковые НИР в области ж.д. транспорта 1995 г.: Сб. науч. трудов — М.: МИИТ, 1997. — Вып. 909. — С. 250—253.
4. Першин С. П., Шепитько Т. В. Скоростной режим движения поездов и его регулирование с целью снижения удельных энергозатрат на перевозки // Путь и путевое хозяйство. — 1998. — № 1. — С. 10—11.
5. Першин С. П., Шепитько Т. В. Рационализация скоростного режима движения поездов // Железнодорожный транспорт. — 1998. — № 5. — С. 15—16.
6. Першин С. П., Шепитько Т. В. Достоинства и недостатки новой классификации путей // Путь и путевое хозяйство. — 1998. — № 6. — С. 16—18.
7. Першин С. П., Шепитько Т. В. О проектировании профиля железных дорог с учетом сбережения энергетических ресурсов // Тезисы докладов. Симпозиум «Информационное обеспечение технических и организационных систем на железнодорожном транспорте». — М., 1998. — 13 с.
8. Першин С. П. Примеры решения новых задач совершенствования и повышения безопасности взаимодействия подвижного состава и пути на основе информационных технологий: Методические рекомендации. — М., 1997. — 98 с.
9. Шепитько Т. В. Рационализация скоростных режимов движения поездов // «Безопасность движения поездов». Труды седьмой научно-практической конференции. — М.: МИИТ, 2006. — С. 29—30. ●

Координаты авторов: **Шепитько Т. В.** — shepitko-tv@mail.ru, **Болотов А. С.** — 6269398@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 01.09.2016, принята к публикации 20.09.2016.

