

## ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

С. В. БУШУЕВ, А. Н. ПОПОВ

Уральский государственный университет путей сообщения, г. Екатеринбург,  
Российская Федерация

Участки железных дорог по пропускной способности распределены неравномерно. Имеются участки, где пропускная способность практически исчерпана и наблюдается ее дефицит. Повышение пропускной способности на таких участках возможно за счет развития инфраструктурного комплекса: строительство новых путей станций и перегонов, совершенствование устройств электрооборудования, устройств железнодорожной автоматики и телемеханики.

Для существующих путей станций и перегонов повысить пропускную способность возможно за счет сокращения интервала попутного следования между поездами. Минимальный интервал следования выбирается как интервал на участке пути, по которому поезда проходят с наиболее низкими скоростями. На перегонах, оборудованных автоблокировкой с трехзначной сигнализацией, из условия движения на зеленый огонь минимальный интервал определяют при трехблочном разграничении поездов. В целях безопасности движения поездов расстановка сигналов автоблокировки выполняется так, чтобы длина каждого блок-участка была не менее тормозного пути наиболее быстрого поезда, но не менее 1000 м.

Таким образом, значения минимального интервала следования по перегону по условиям безопасности ограничены длиной тормозных путей поездов. Технические решения для вождения поездов на расстоянии тормозного пути не тиражируются на сети дорог, находятся на стадии исследований и разработок.

Традиционные системы автоблокировки предусматривает для торможения поезда расстояние не менее двух длин блок-участков. В эксплуатации остановка поезда, следующего по сигналам автоблокировки, выполняется в два этапа: снижение скорости при смене кодовой комбинации «З» на «Ж» ниже 60 км/ч и полная остановка при смене кода «Ж» на «КЖ» перед светофором с запрещающим показанием. Кривая скорости с регистратора бортового локомотивного комплекса, описывающая процесс торможения поезда, приведена на рисунке 1.

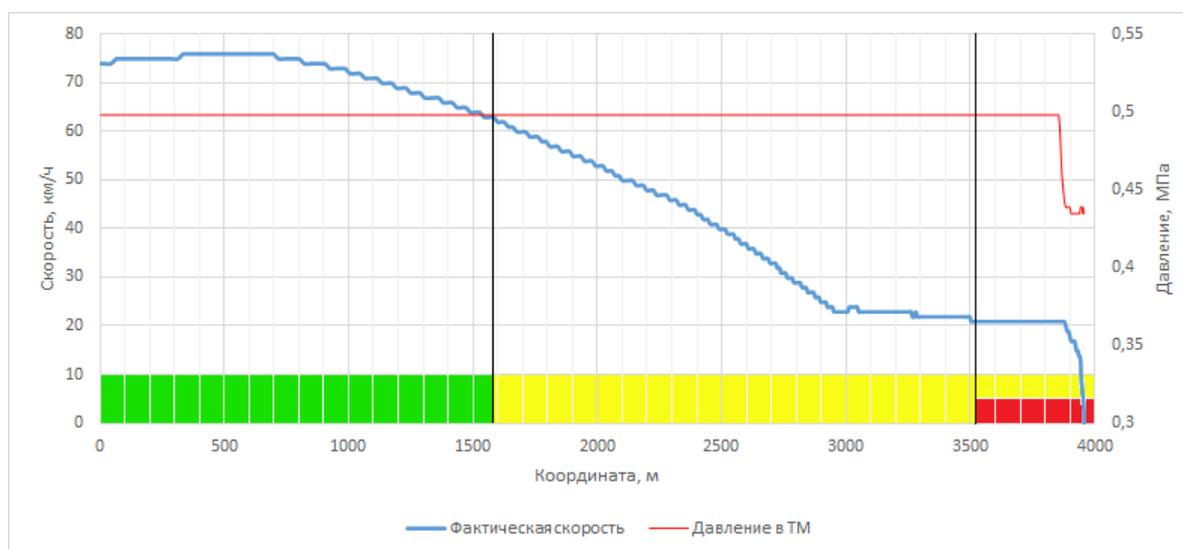


Рисунок 1 – Остановка поезда при автоблокировке

Снижение скорости поезда при смене кодов с «З» на «Ж» осуществляется без применения торможения за счет действия сил сопротивления движению при выключенной тяге. Торможение включается для остановки поезда только перед светофором с горящим красным огнем при невысокой скорости движения.

Существующие способы, позволяющие сократить интервал следования поездов относительно традиционной автоблокировки, сводятся к сокращению расстояния за счет уменьшения длины блок-участка или уменьшения числа блок-участков между поездами.

Число блок-участков между поездами может быть сокращено при повышении верхнего порога снижения скорости для сигнального показания «Ж». При этом на сигнал «Ж» поезда будут двигаться по перегону так же, как при показании «З». Трехблочное разграничение поездов заменяется на двухблочное.

Уменьшить длину блок-участка возможно при применении систем автоблокировки на основе тональных рельсовых цепей, организовав так называемые подвижные блок-участки. Системой, позволяющей реализовать данный способ, является микропроцессорная автоблокировка АБТЦ-М, которая принята к тиражированию на сети железных дорог РФ [1].

Реализовать минимальный интервал следования по перегонам позволяет вождение поездов по технологии виртуальной сцепки [2].

Требуемый интервал попутного следования должен быть обеспечен не только для перегонов, но и для станций. Отличия станций от перегонов заключаются в наличии стрелок по маршруту движения, а длины рельсовых цепей на станциях не связаны с длинами тормозных путей. Станции имеют увеличенные, по сравнению с перегонами, интервалы по приему и отправлению поездов.

При соответствующей установке стрелок в маршруте главные пути станции, можно рассматривать как продолжение перегонных. Организации движения через станции как по перегонам, препятствуют показания станционных светофоров. Имеются решения, в которых поездные станционные светофоры оборудуются специальным сигнальным показанием, информирующим машиниста о том, что они исправны, а движение по станции следует выполнять по сигналам автоматической локомотивной сигнализации.

Достижение уменьшения интервалов по приему и отправлению поездов возможно при устройстве путей разгона поездов при отправлении со станции.

Вопрос повышения пропускной способности за счет применения рассмотренных технических средств и технологий изучен недостаточно. Для исследования возможности повышения пропускной способности требуется выполнить моделирование движения поездов с учетом ограничений, накладываемых конфигурацией путей перегонов и станций, а также применяемых технологий регулирования движения поездов.

Все указанные методы теоретически позволяют повысить показатели перевозочного процесса. Из опыта эксплуатации известно, что фактические показатели могут серьезно отличаться от расчетных. Поэтому для повышения точности определения показателей применяют имитационное моделирование. Используя методы имитационного моделирования, можно определить, на сколько необходимо сократить интервал попутного следования между поездами, чтобы увеличить пропускную способность на заданное значение относительно имеющейся для загруженного участка.

Для исследования процессов разгона и торможения разработаны модели движения поезда. В модели, получившей наибольшее распространение, поезд, сформированный из локомотива и вагонов, рассматривают как материальную точку (центр масс поезда), имеющую массу  $m$  и движущуюся под воздействием алгебраической суммы сил, каждая из которых является функцией скорости движения: силы тяги  $F(v)$ , силы сопротивления движению  $W(v)$ , силы торможения  $B(v)$ . При моделировании удобно пользоваться удельными силами.

В соответствии со вторым законом Ньютона запишем уравнение движения поезда:

$$(1 + \gamma) \frac{dv}{dt} = f(v) - w(v) - b(v), \quad (1)$$

где  $\gamma$  – коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся частей;  $f(v)$  – удельная сила тяги;  $w(v)$  – удельная сила сопротивления движению;  $b(v)$  – удельная сила торможения.

Для решения уравнения (1) наибольшее распространение получил метод Эйлера, который прост в использовании и позволяет получить приемлемую точность расчетов при малых шагах интегрирования. Интегрирование уравнения может осуществляться по пути, времени и по скорости [3].

Проведенные исследования подтверждают наличие имеющихся возможностей для повышения пропускной способности железнодорожных участков. Наибольшая эффективность рассмотренных решений достигается при изменении технологии управления движением поездов.

#### Список литературы

- 1 **Воронин, В. А.** АЛСО с подвижными блок-участками / В. А. Воронин, В. В. Воробьев, С. Н. Есырев // Автоматика, связь, информатика. – 2011. – № 6. – С. 44–45.
- 2 **Розенберг, Е. Н.** Принципы построения систем управления и интервального регулирования движением поездов четвертого поколения / Е. Н. Розенберг / Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование (ИСУЖТ-2019) : тр. Восьмой науч.-техн. конф. – 2019. – С. 27–32.
- 3 Оптимизация управления движением поездов : учеб. пособие / Л. А. Баранов [и др.] ; под ред. Л. А. Баранова. – М. : МИИТ, 2011. – 164 с.