$$W_i = \int_{x_{\text{хв}}}^{x_1} m_{\text{уд}}(l_{\text{п}}) s_1'(x) dx + \int_{x_1}^{x_{\text{л}}} m_{\text{уд}}(l_{\text{п}}) s_2'(x) dx, \quad (1)$$

где $x_{\text{л}}$, $x_{\text{хв}}$ – абсолютные координаты локомотива и хвоста поезда; x_1 – абсолютная координата узла сопряжения двух элементов пути.

Для определения общего сопротивления движению поезда необходимо также учесть сопротивление от кривых, вернее, оптимизировать алгоритм определения этой величины.

Дополнительное сопротивление от кривой для любой части поезда или экипажа определяют по следующей эмпирической формуле:

$$W_r = \frac{700 l_{\text{п.кр}}}{R l_{\text{п}}} Q_{\text{п.кр}}, \quad (2)$$

где R – радиус кривой; $l_{\text{п}}$ – длина поезда; $l_{\text{п.кр}}$ – длина части поезда, находящейся в кривой; $Q_{\text{п.кр}}$ – вес части поезда, находящейся в кривой.

Поскольку из всех величин, входящих в выражение (2), переменной является только длина части поезда, находящаяся в кривой $l_{\text{п.кр}}$ ($Q_{\text{п.кр}}$ есть функция от $l_{\text{п.кр}}$), то выражение (2) можно представить в следующем виде:

$$W_r = a_r l_{\text{п.кр}} Q_{\text{п.кр}}(l_{\text{п.кр}}). \quad (3)$$

Выражение (3) представляет собой уравнение прямой

$$a_r = \frac{700}{R l_{\text{п}}} = \text{tg} \alpha_{\text{пр}}, \quad (4)$$

где $\alpha_{\text{пр}}$ – угол наклона этой прямой относительно оси абсцисс.

Из выражения (3) следует, что кривую поворота всегда можно представить в виде приведенного уклона. Для этого достаточно задать его параметры. Длину приведенного уклона можно определить через длину дуги кривой, значение которой можно определить с учетом известного центрального угла $\alpha_{\text{ц}}$. Угол наклона приведенного уклона определяется согласно выражению (4).

Величина дополнительного сопротивления от кривой в данном случае:

$$W_{\text{пр}} = l_{\text{п.кр}} \int_{x_1}^{x_2} m_{\text{уд}}(l_{\text{п}}) S'(x) dx, \quad (5)$$

где x_1 , x_2 – абсолютные координаты части поезда, находящейся в кривой; $S'(x)$ – приведенный уклон, представленный в виде аналитической функции (сплайна первой степени); $l_{\text{п.кр}}$ – длина части поезда, находящаяся в кривой.

Дальнейший алгоритм определения величины дополнительного сопротивления от кривой ничем не отличается от алгоритма, представленного для определения значения сопротивления от уклонов.

В итоге можно отметить, что представленные алгоритмы позволяют с минимальными машинными и программными затратами определить величину дополнительного сопротивления движению поезда при расположении его частей на любом количестве уклонов и в кривой. Кроме того, алгоритм определения величины дополнительного сопротивления от кривых с использованием приведенного уклона позволяет перейти к единой методике задания профиля пути и значительно оптимизировать процесс вычислений.

УДК 656.22.05

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНОГО ИНТЕРВАЛА СЛЕДОВАНИЯ ПОПУТНЫХ ПОЕЗДОВ В СИСТЕМЕ ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕПРЕРЫВНОГО КАНАЛА СВЯЗИ

К. В. МЕНАКЕР

Российский государственный открытый технический университет путей сообщения

Достигнутый уровень развития средств связи, вычислительной техники, электроники и накопленный опыт в построении систем интервального регулирования показывают, что сейчас имеются все предпосылки для создания современных автоматических устройств, построенных на совершен-

но новых принципах. Одним из направлений в решении задач комплексной автоматизации регулирования движения поездов может стать система интервального регулирования (ИР), которая предполагает применение непрерывного канала радиосвязи между движущимися поездами и центром управления. Преимущества данной системы очевидны:

1 Высокая точность интервального регулирования, существенное увеличение пропускной способности, достигаемое за счет применения "подвижных" разделительных блок-участков, улучшение условий для выполнения графика движения поездов.

2 Высокая гибкость, приспособляемость к различным эксплуатационным условиям, из-за отсутствия непосредственной привязки устройства регулирования к пути, нормализация графика движения в случае его нарушения по различным причинам.

3 Достоверность информации о поездах благодаря непосредственной связи между стационарными и локомотивными устройствами, возможность создания в дальнейшем системы комплексной автоматизации управления движением поездов по перегону.

4 Уменьшение эксплуатационных затрат и времени задержек в движении поездов за счет значительного сокращения напольного оборудования и штата обслуживающего персонала.

5 Универсальность системы, возможность ее применения при любом типе верхнего строения пути, а также при любом виде колейного транспорта.

Перед разработчиками подобной системы стоит задача решения ряда сложных вопросов, связанных с техническим, теоретическим и программным уровнем ее реализации. Одним из основных уровней реализации системы является программный, который нуждается в глубокой теоретической проработке.

Одной из главных задач при рассмотрении системы ИР с использованием непрерывного канала связи является задача, связанная с определением минимального интервала следования попутных поездов. Совершенно очевидно, что значение минимального интервала в наибольшей мере зависит от величин тормозного пути регулируемого в данный момент поезда и поезда, следующего впереди. Для обеспечения требуемой безопасности следования поездов и увеличения пропускной способности тормозные расчеты должны вестись с наибольшей точностью, с учетом максимального количества влияющих факторов. В то же самое время определение интервала следования поездов, находящихся на перегоне, необходимо вести в реальном масштабе времени. Это накладывает ряд ограничений на скорость обработки данных, которая прямо пропорциональна числу и сложности вычислительных операций. По мнению автора, данная задача может быть решена следующим образом.

Как показывает практика, факторы, которые даны в стандартных методиках определения тормозного пути, должны быть учтены в большей степени. К таким факторам можно отнести:

- 1) учет индивидуальных тормозных характеристик состава;
- 2) переходные процессы, происходящие при переходной стадии электропневматического и пневматического торможения состава;
- 3) неравномерное распределение зарядного давления в тормозной магистрали состава, связанное с утечками воздуха;
- 4) распределение массы и длины поезда при его следовании по перегону с переломным профилем пути;
- 5) дополнительное сопротивление движению поезда от криволинейных участков пути, погодных условий и ряда других факторов;
- 6) удлинение величины тормозного пути вследствие возможного заклинивания колесных пар отдельных экипажей состава и др.

В ходе научных исследований составлен ряд математических моделей, позволяющих учесть влияние перечисленных выше факторов на величину тормозного пути движущегося поезда.

Методика определения значений тормозного пути включает следующие этапы:

- 1 При проведении серии пробных торможений производится снятие индивидуальных тормозных характеристик состава. С этой целью была разработана уточненная методика учета индивидуальных тормозных характеристик состава применительно к возможным ступеням торможения на всем интервале возможных скоростей его движения. На основе введенной обратной связи между устройствами измерения параметров движения поезда и программным уровнем реализации системы рассмотрен способ диагностики неисправности тормозного оборудования состава.

2 С учетом разработанных математических моделей и снятых тормозных характеристик состава производится вычисление значений тормозных путей в зависимости от ступени, начальной скорости торможения, а также среднего дополнительного сопротивления движению.

3 Вычисленные значения тормозных путей заносятся в трехмерную матрицу. Заранее вычисленные значения тормозных путей поезда, находящиеся в структурированном виде, позволяют использовать модель ИП в режиме управления движением потока поездов в реальном масштабе времени. Кроме того, появляется возможность выявления ошибок на стадии заполнения данных.

4 На основе текущих параметров движения поездов, определяемых измерительной аппаратурой локомотивов, и различного рода ограничений, связанных с безопасностью движения, определяется минимально допустимый интервал их следования. Периодический опрос составов на перегоне позволяет реализовать непрерывный процесс интервального регулирования потока поездов. Оптимальный интервал следования поездов будет определяться на основе графика движения, задания энергетически оптимальной траектории движения и ряда других условий.

УДК 656.222.3 (476)

СИСТЕМА МЕР ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ОРГАНИЗАЦИИ ВАГОНОПОТОКОВ НА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

В. Б. МИХАЙЛЮК, П. Я. БЕЛЯНКО

Белорусская железная дорога

В. Г. КУЗНЕЦОВ

Белорусский государственный университет транспорта

Белорусская железная дорога на протяжении последних 10 лет постоянно проводила мероприятия, направленные на приведение в соответствие с объемами перевозок систему организации вагонопотоков и технического оснащения станций. Основная задача мероприятий – снижение эксплуатационных расходов дороги. Система мер по совершенствованию организации вагонопотоков включает комплекс мероприятий, направленных на обеспечение устойчивой переработки и пропуска вагонопотоков на полигоне сети железной дороги.

Мероприятия технической модернизации:

- реконструкция сортировочных комплексов на станциях Могилев и Молодечно;
- выведены из эксплуатации сортировочные устройства на станциях Брест-Восточный (Восточная система), а также отдельные парки и пути на других станциях;
- перераспределена сортировочная работа на станциях Барановичи-Центральная, Брест-Восточный, в Оршанском узле (Орша-Восточная);

Мероприятия информационного обеспечения:

- модернизированы и внедрены на большинстве сортировочных станций АСУСС разработки ГНПО “Агат”, включающая рабочие места ВЧД, ПКО, руководящих работников станции;
- внедрена первая очередь информационно-аналитической системы поддержки управленческих решений для грузовых перевозок, позволяющей формировать базы данных о грузо- и вагонопотоках на дороге;
- проходит опытную эксплуатацию прикладная программа расчета эффективности организации отправительской маршрутизации со станций массовой погрузки с дальнейшим ее внедрением в автоматизированную систему организации вагонопотоков.

Мероприятия организационного характера:

- на всех сортировочных и участковых станциях отработаны режимные технологии для различных объемов вагонопотока;
- на станциях варьируется численность маневровых локомотивов, занятых переработкой вагонопотока, расширяется зона их использования.

Мероприятия технологического обеспечения:

- проведены экспертные исследования маршрутов следования на полигоне железной дороги грузопотоков со станций Ситница, Калий и Аульс и сравнение их затрат;
- на основе организации слежения за вагонопотоками на всем полигоне дороги обеспечивается формирование поездов дальнего назначения. Так, за 2002 год сформировано 8850 таких поездов, что позволило сократить в пути следования переработку на станциях 1185 тысяч вагонов, экономить 607 тонн дизельного топлива на маневровые работы;