

минимизация времени нахождения вагонов на станциях. С этой целью станции должны обладать достаточным резервом пропускной и перерабатывающей способности для погашения пиковых нагрузок. С другой стороны, нужно минимизировать собственные расходы станций, сокращая избыточный технический потенциал. В этой связи вопросы, связанные с получением достоверной оценки технико-технологических параметров станций в различных условиях работы, являются актуальными.

Традиционно для оценки технико-эксплуатационных параметров станций в условиях проведения организационно-технических мероприятий, направленных на повышение эффективности их функционирования, используется графическая модель в виде суточного плана-графика. В настоящее время для построения суточного плана-графика обычно используются универсальные графические редакторы, например, AutoCAD, CorelDraw и др. При этом основными недостатками традиционной методики разработки планов-графиков является низкая скорость построения графического изображения и получения показателей работы станции, неучет случайного характера продолжительности технологических операций.

Эти недостатки могут быть устранены при использовании автоматизированной методики разработки технологического процесса станции, основанной на методах имитационного моделирования. Имитационное моделирование позволяет наиболее точно формализовать процессы функционирования станций и является мощным и удобным инструментом для получения их объективной технико-эксплуатационной оценки.

В этой связи учеными ДИИТа разработан программный комплекс для разработки и анализа технологических процессов работы железнодорожных станций, который включает три программных модуля: «Построитель сетки плана-графика» – предназначен для автоматизированного построения сетки плана-графика любого типа для станции любой сложности, «Построитель плана-графика» – позволяет формировать план-график работы станции из отдельных графических примитивов и автоматически рассчитывать его эксплуатационные показатели, «План-график работы станции» – позволяет выполнять имитационное моделирование работы станций с автоматическим построением графика выполненной работы и используется для получения технико-эксплуатационной оценки ее функционирования в различных условиях.

Все программные модули разработанного комплекса поддерживают единый формат представления сетки и условных обозначений плана-графика, что позволяет вносить в него необходимые изменения с помощью любого модуля.

Использование указанного программного комплекса при разработке и анализе технологических процессов работы железнодорожного транспорта ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог» и ООО «Трансинвестсервис» показало его высокую эффективность и дало возможность ускорить разработку технологии работы станций, увеличить число рассматриваемых вариантов и, в результате, повысить качество принимаемых решений.

УДК 656.212.5(23.01)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДВИЖЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ПЕРЕВАЛЬНОЙ ЧАСТИ СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРОК ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

*В. Я. НЕГРЕЙ, С. А. ПОЖИДАЕВ, Е. А. ФИЛАТОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Как в реальных условиях, так и при моделировании роспуска составов грузовых поездов на сортировочных горках важное значение имеет определение положения отцепа в зоне перевальной части горки в момент отрыва от надвигаемого состава. Это положение влияет на конструктивные параметры сортировочной горки, величину интервалов времени между отцепами, следующими в неблагоприятных сочетаниях ОП-ОХ, и, следовательно, на безопасность роспуска и основные эксплуатационные характеристики сортировочного процесса. Точка отрыва отцепа от надвигаемого состава на вершине горки определяется в зависимости от многих факторов, но, прежде всего, от параметров профиля и величины суммарного сопротивления движению отцепов. Из-за значительного удаления



этой точки от вершины горки приходится снижать скорость надвига или останавливать роспуск, что приводит к увеличению эксплуатационных расходов на переработку вагонопотока и снижению перерабатывающей способности горок. На основе уравнения движения свободно скатывающегося подвижного состава момент отрыва отцепа наступает при равенстве удельной движущей силы, эквивалентной уклону элементов горки  $i_{\text{эк}}$ , всем силам сопротивления движению, действующим на отцеп в момент отрыва, т. е.

$$i_{\text{эк}} \geq \sum \bar{\omega} \pm t_n \sigma. \quad (1)$$

Для учета неблагоприятных условий роспуска в (1) принимается знак «+». Учитывая отклонения расчетных значений сил сопротивления движению вагонов в реальных условиях (основного удельного сопротивления  $\omega_0$  и сопротивления от воздушной среды и ветра  $\omega_{\text{св}}$  без учета вертикальных и боковых колебаний)  $t_n \sigma$ , а также действие дополнительных сил сопротивления, возникающих в автосцепке в момент её разъединения ( $\omega_{\text{расц}}$ ), сумма удельных сил сопротивления определяется как

$$\sum \bar{\omega} + t_n \sigma = 1,75(\omega_0 + \omega_{\text{св}}) + \omega_{\text{расц}}.$$

Следует отметить, что сопротивление от среды и ветра пропорционально скорости движения отцепа, которая до момента отрыва отцепа от состава соответствует скорости роспуска  $\omega_0$ . Значение  $\omega_{\text{расц}}$  определяется, в основном, состоянием подвижного состава, свойствами перевозимых грузов и другими факторами и может достигать значительной величины. На практике, иногда РСДВ приходится механически разъединять автосцепки вагонов, оказываясь перед движущейся передней тележкой отцепа.

Эквивалентный уклон  $i_{\text{эк}}$  определяется как полусумма уклонов элементов профиля горки, находящихся под первой ( $i_1$ ) и второй ( $i_2$ ) тележками вагона, т. е.  $i_{\text{эк}} = (i_1 + i_2)/2$ . Для отцепов, состоящих из нескольких вагонов, движущие силы соответствуют действию уклонов элементов продольного профиля  $i_j$ , на которых находится отцеп в некоторый момент времени, т. е.  $i_{\text{эк}} = \sum_{j=1}^n i_j l_j / \sum_{j=1}^n l_j$ . Чем длиннее отцеп, тем меньше расстояние от вершины горки до точки отрыва  $l_{\text{отр}}$ , поэтому следует рассматривать одиночные наиболее короткие четырехосные вагоны.

Решение задачи сводится к поиску точки пересечения кривых двух функций: переменной действующих на отцеп сил сопротивлений движению и удельной движущей силы под действием уклона, изменяющегося в зависимости от дальности пробега  $l$ . При этом на рассматриваемом участке функция поведения переменной  $\omega$  изменяется практически линейно, а изменение  $i_{\text{эк}}$  с учетом конструкции участка профиля горки и требуемой точности расчета описывается параболической функцией. Так, значения уклонов элементов продольного профиля перевальной и спускной частей сортировочной горки станции Слуцк аппроксимируются функцией вида  $i_{\text{эк}} = -6,73 + 0,07 \cdot l^2$ , которая с достаточной точностью описывает изменение величин уклонов под тележками вагона.

Для исследуемых процессов при  $v_0 = 0,8$  м/с в расчетных зимних условиях роспуска отцепа легкой весовой категории  $\omega_{\text{св}} = 0,62$  Н/кН,  $\omega_0 = 4,5$  Н/кН, а  $\omega_{\text{расц}} = 5$  Н/кН (при плохом состоянии автосцепок вагонов  $\omega_{\text{расц}}$  может достигать 20 Н/кН), тогда

$$1,75(\omega_0 + \omega_{\text{св}}) + \omega_{\text{расц}} = 4,5 + 0,62 \cdot 1,75 + 5 = 10,59 \text{ Н/кН}.$$

Приравняв правую и левую части условия равновесия сил при отрыве отцепа от состава (1), получаем координату точки отрыва ОП бегуна  $l_{\text{отп}} = 15,73$  м. При  $\omega_{\text{расц}} = 20$  Н/кН  $l_{\text{отп}} = 21,49$  м. С допустимой погрешностью можно принять, что на вершине горки  $i_{\text{эк}} = 0$ , следовательно, вычисленная с помощью аппроксимирующей функции  $i_{\text{эк}} = f(l)$  ордината вершины горки  $l_{\text{вг}} = 9,81$  м. В момент отрыва ОП бегун будет находиться на расстоянии  $l_{\text{отр}} = 15,73 - 9,81 = 5,92$  м от вершины горки. При плохом состоянии автосцепки  $l_{\text{отр}} = 21,49 - 9,81 = 11,68$  м.

В известном выражении  $l_{\text{отр}} = \left[ -d(R_n + r) + 2\sqrt{R_n dr(d + 2\sum \omega(R_n - r)10^{-3})} \right] / 2(R_n - r)$  положение точки отрыва определяется кривизной очертания продольного профиля перевальной и спускной частей сортировочной горки, конструкция которых подвержена наибольшей деформации, и суммарной величиной удельных сил сопротивления движению отцепов, скатывающихся с горки. Так, для условий станции Слуцк, при радиусе вертикальной сопрягающей кривой со стороны надвигной части  $R_n = 800$  м и спускной части  $r = 630$  м (по данным инженерно-геодезической съёмки), расстояние между осями внутренних колесных пар  $d = 7,18$  м, расстояние от вершины горки до точки отрыва ОП составит 6,54 м, что показывает некоторую переоценку величины  $l_{\text{отр}}$ . Кроме



того, при таком деформировании профиля, когда  $R_n = r$ , величину  $l_{отр}$  вычислить невозможно, не учитывается переменная крутизна реального продольного профиля эксплуатируемых сортировочных горок. Предложенный подход позволяет более адекватно отразить процесс роспуска составов с сортировочной горки и точнее определить точку отрыва отцепов от состава. Выполненные расчеты подтвердили значительное удаление точки отрыва отцепов от вершины сортировочной горки станции Слущк, что ведёт к нарушениям технологического процесса, в результате чего часто роспуск останавливается и состав надвигается повторно. Изменение конструкции продольного профиля перевальной части горки с применением нормативных радиусов  $R_n = 350-400$  м и обеспечением прохода длиннобазных вагонов без саморасцепа позволит сократить расстояние до точки отрыва более чем в два раза и тем самым значительно повысить эксплуатационные качества горки и безопасность роспуска.

УДК 656.222

## ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ ДЕМА С НАЛИВНЫМИ СТАНЦИЯМИ БЕНЗИНО-ЧЕРНИКОВСКОГО УЗЛА КУЙБЫШЕВСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Д.В. НОВИКОВ, П.Б. РОМАНОВА, Н.А. МУКОВНИНА

Куйбышевская железная дорога – филиал ОАО «РЖД»,

Самарский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

Из 16 железных дорог Российской Федерации Куйбышевская железная дорога находится на первом месте и выполняет 14,5 % от общесетевой погрузки нефтеналивных грузов.

Из 28 отгружаемых дорогой номенклатур, на номенклатуру «нефть и нефтепродукты» приходится 57 % общего объема. Куйбышевская железная дорога из 197,8 тыс. т среднесуточной погрузки отгружает 113,5 тыс. т наливом. На дороге, расположенной в регионе с развитой нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленностью, налив нефти и нефтепродуктов осуществляется на 11 крупных станциях.

Если с 2008 по 2010 годы объем предъявляемых нефтегрузов к перевозке был постоянным, с незначительными колебаниями, то с 2011 года произошло его заметное увеличение. Причем, тенденция к увеличению налива сохраняется и в 2013 году.

Отправление нефтепродуктов со станций налива организовано маршрутами и другими категориями поездов.

На рисунке 1 показана доля погрузки нефтеналивных грузов по регионам дороги.



Рисунок 1 – Доля погрузки нефтеналивных грузов по регионам Куйбышевской железной дороги

Основной объем нефти и нефтепродуктов отправляется на Северо-Кавказскую (8,2 млн т), Октябрьскую (7,8 млн т), Куйбышевскую (5,4 млн т), Московскую (3,4 млн т), Юго-Восточную (3,1 млн т) железные дороги.