

стрелка, а во второй – 4-я. Средним (управляемым) отцепом в группе является отцеп тяжелой весовой категории. Крайними отцепами в группе являются отцепы легкой весовой категории, которые скатываются без торможения на первой тормозной позиции, а на второй тормозной позиции тормозятся из условия выхода первого отцепа со скоростью 5 м/с и третьего – со скоростью 6 м/с. Среднее квадратическое отклонение скорости выхода отцепов из тормозных позиций принято равным 0,3 м/с. Зависимости между скоростью выхода среднего отцепа из СТП и риском их неразделения на стрелках представлена на рисунке 1.

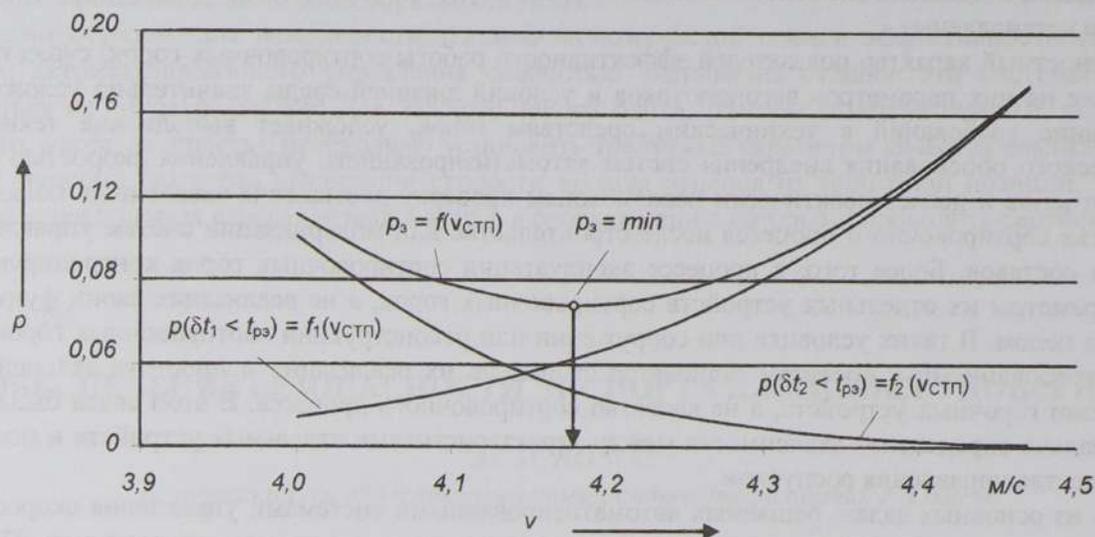


Рисунок 1 – Оптимизация режима торможения в расчетной группе из трех отцепов

Минимальное значение вероятности неразделения отцепов расчетной группы определено методами прямого поиска и составляет $\rho_c = 0,069935$. Указанное значение достигается при задаваемой скорости выхода отцепов из СТП 4,18 м/с. Дальнейшее уменьшение вероятности неразделения отцепов требует изменения режимов торможения крайних отцепов расчетной группы.

Таким образом, процесс разделения отцепов на разделительных элементах во время расформирования составов является вероятностным. При этом величина среднего квадратического отклонения и соответственно дисперсии времени движения отцепов по спускной части горки существенно зависит от расстояния их неуправляемого скатывания, режимов торможения и ходовых характеристик отцепов. В этой связи, при анализе условий разделения отцепов необходимо учитывать не только математическое ожидание, но и дисперсию случайных величин времени движения отцепов до момента освобождения и занятия разделительных элементов. В качестве критерия для оценки режимов интервального торможения отцепов предложено использовать оценку риска их неразделения на разделительных элементах. Использование результатов исследования позволит повысить качество алгоритмов по управлению тормозными позициями автоматизированных горок.

УДК 656.212

ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМАМ ПРИЦЕЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ СКАТЫВАНИЯ ОТЦЕПОВ

Д. Н. КОЗАЧЕНКО, Р. Г. КОРОБЬЕВА

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. академика В. Лазаряна (ДИИТ), Украина

Количественным выражением основных свойств сортировочной горки является комплекс ее технических параметров. В качестве этих параметров выступают длины и уклоны элементов профиля, радиусы и углы поворота кривых, геометрические размеры стрелочных переводов, размеры и мощность тормозных замедлителей, скорость перевода стрелок, затормаживания и растормажива-

ния замедлителей и т.п. Общая оценка эффективности функционирования автоматизированной системы управления расформированием производится с помощью показателей, характеризующих качество управления роспуском на автоматизированных горках: средняя скорость роспуска v_p ; вероятность того, что скорость соударения отцепов с вагонами на сортировочных путях превысит допустимую ПТЭ величину p_c ; средняя длина окна, приходящаяся на один переработанный вагон $\lambda_{\text{ваг}}$; вероятность неразделения отцепов на стрелках p_s . При этом зависимости между техническими характеристиками отдельных элементов системы и общей эффективностью ее работы до настоящего времени не установлены.

Вероятностный характер показателей эффективности работы сортировочных горок, существенное влияние на них параметров вагонопотоков и условий внешней среды значительно усложняет формирование требований к техническим средствам горок, усложняет выполнение технико-экономического обоснования внедрения систем автоматизированного управления скоростью скатывания отцепов и делает практически невозможным проверку достижения заявленных показателей качества сортировочного процесса после строительства или модернизации систем управления роспуском составов. Более того, в процессе эксплуатации сортировочных горок контролируются только параметры их отдельных устройств сортировочных горок, а не реализация своих функций системой в целом. В таких условиях при сооружении или реконструкции сортировочных горок основными требованиями к проектам становятся стоимость их реализации и простота дальнейшей эксплуатации горочных устройств, а не качество сортировочного процесса. В этой связи была поставлена задача определения зависимости между характеристиками отдельных устройств и показателями качества управления роспуском.

Одной из основных задач, решаемых автоматизированными системами управления скоростью скатывания отцепов, является прицельное торможение на парковых тормозных позициях (ПТП). Показателями качества работы таких систем могут быть приняты вероятность того, что скорость соударения отцепов с вагонами на сортировочных путях не превысит допустимую величину p_c , и средняя длина окна, приходящаяся на один переработанный вагон $\lambda_{\text{ваг}}$. Основополагающими вопросами реализации прицельного торможения являются определение координаты точки прицеливания l_x и величины ускорения движения отцепа a на участке l_x . При этом параметр a интегрально включает приведенное ускорение свободного падения g' , уклон пути i , суммарную величину удельного сопротивления движению w .

В имитационном эксперименте выполнено моделирование управляемого скатывания отцепов тяжелой весовой категории на расстояние 800 м от вершины горки до точки прицеливания при известных значениях w и точной реализации заданной скорости выхода отцепов из ПТП. При таких условиях может быть обеспечено докатывание всех отцепов до расчетной точки с установленной скоростью. Сложность решения задачи прицельного регулирования скорости связана с тем, что сортировочные горки работают в условиях неопределенности входной информации об отцепах и условиях внешней среды, а также из-за неточности реализации заданных скоростей выхода отцепов на ПТП. В этой связи, скорость отцепа в точке прицеливания является случайной величиной; в то же время при недостаточной скорости выхода отцепов из ПТП на сортировочных путях образуются окна случайной величины. Для сравнения выполнено моделирование скатывания отцепов тяжелой весовой категории на расстояние 800 м от вершины горки при неизвестном удельном сопротивлении движению и неточной реализации заданной скорости выхода отцепов из ПТП. Математическое ожидание скорости выхода отцепа из ПТП принято $M[v_{\text{ПТП}}] = 3,85$ м/с, что обеспечивает докатывание отцепа со средними ходовыми характеристиками до точки прицеливания с установленной ПТЭ скоростью 1,5 м/с. В результате статистической обработки данных вычислительных экспериментов установлены значения $\lambda_{\text{ваг}} = 9,8$ м и $p_c = 0,62$. Таким образом, выбор указанных режимов торможения является недопустимым по условиям безопасности. Для обеспечения требований ПТЭ скорость выхода отцепов из ПТП должна быть снижена. Рекомендуемое для автоматизированных горок значение $p_c = 0,1$ может быть получено при математическом ожидании скорости выхода отцепов из ПТП $M[v_{\text{ПТП}}] = 3$ м/с. При этом средняя величина окна достигает 70,2 м. Учитывая наличие связи между величиной окна и вероятностью превышения установленной ПТЭ скорости соударения вагонов, для оценки качества реализации сортировочного процесса могут использоваться зависимости $\lambda_{\text{ок}} = f(p_c)$.

Повышение качества прицельного регулирования может достигаться за счет повышения точности реализации скорости выхода отцепов из ПТП и за счет уменьшения погрешности определения удельного сопротивления движению отцепов. На основании обработки результатов имитационного моделирования установлено, что для обеспечения рекомендованных значений $\lambda_{ок} = 3$ м, $p_c = 0,1$ среднее квадратическое отклонение скорости выхода отцепа из ПТП от заданной не должно превышать 0,2 м/с, а среднее квадратическое отклонение погрешности определения удельного сопротивления движению должно быть порядка 0,1 Н/кН.

Таким образом, для возможности технико-экономической оценки эффективности внедрения систем автоматизированного управления скоростью скатывания отцепов эти системы должны строиться из типовых блоков. Для каждого такого блока, помимо конструкционных параметров (размер, масса, мощность), необходимо установить требуемые параметры качества реализации ими своих функций (точность реализации скорости выхода отцепов из тормозной позиции, точность определения ходовых свойств отцепов и др.), в соответствии с которыми проводить сертификацию.

УДК 656.225

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПОРТА КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ

М. М. КОЛОС

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Калийные удобрения наряду с нефтепродуктами, черными металлами и продукцией машиностроения составляют основу промышленного экспорта Республики Беларусь.

География потребителей белорусского калия обуславливает поставки продукции морским транспортом, что в свою очередь ведет к необходимости организации смешанной перевозки с перевалкой груза в иностранных портах.

При формировании системы доставки необходимо учитывать, что создаваемые в ее рамках схемы доставки являются довольно сложными: имеют большую географическую протяженность; проходят по территории разных государств; включают субъекты хозяйствования разной формы собственности со своей спецификой работы и собственными экономическими интересами; должны сочетать работу разных видов транспорта и т. п.

Сложность и протяженность схем доставки делают их уязвимыми к воздействию негативных факторов. Схема доставки перестает функционировать чаще всего в результате форс-мажорных обстоятельств. Форс-мажорные обстоятельства могут быть обусловлены факторами природного (наводнения, штормы, землетрясения и др.) или социального (изменение законодательства, решения органов власти, блокада, военные действия и др.) характера. Отказы, обусловленные форс-мажорными обстоятельствами, характеризуются локализацией в цепочке доставки, интенсивностью и продолжительностью; они могут быть временными, в этом случае работа цепочки доставки или канала приостанавливается, или постоянными, при которых работа схемы доставки становится невозможной в течение обозримого будущего.

Издержки, возникающие в связи с компенсацией негативных последствий отказов, связаны со строительством дополнительных складских помещений, использования дополнительного парка железнодорожного подвижного состава. При наличии собственных судов или судов, зафрахтованных на долгосрочный период (тайм-чартер), необходимо также учитывать издержки, связанные с их вынужденным простоем.

Одним из путей обеспечения безопасности экспорта калийных удобрений является формирование системы доставки в несколько портов перевалки, расположенных в разных морских бассейнах и разных государствах. Результаты проведенных расчетов свидетельствуют, что увеличение количества портов перевалки, то есть увеличение количества каналов в системе доставки, ведет к снижению издержек. Увеличение количества каналов с одного до двух снижает издержки от 6 до 15 %, а до трех – от 7 до 18 %.