

станций погрузки (выгрузки) войск или устройства на существующих станциях дополнительных погрузочно-выгрузочных временных устройств.

Описанная проблематика расчета погрузочно-выгрузочной способности станций в современной военно-политической обстановке требует немедленного изучения и принятия решения по ее систематизации и унификации для всех железнодорожных станций. Это приведет к точному расчету погрузочно-выгрузочной способности каждой станции железнодорожной сети, систематизации методов повышения погрузочно-выгрузочной способности станций, методов восстановления работоспособности погрузочно-выгрузочных мест (грузовых пунктов) железнодорожных станций при выходе из строя объектов путевого развития и технического оснащения, а следовательно, обеспечит боевую готовность войск, в частности, и безопасность государства в целом.

#### Список литературы

1 Устав воинских железнодорожных перевозок : постановление Совета Министров Респ. Беларусь № 1200 от 03.08.2000 г. – Минск, 2000. – 15 с.

2 Об утверждении Инструкции о порядке размещения и закрепления вооружения и военной техники на железнодорожном подвижном составе для перевозки в составе воинских эшелонов и транспортов : приказ Министра обороны Респ. Беларусь от 14.06.2004 г. № 20.

3 Об утверждении Инструкции о порядке организации воинских железнодорожных перевозок : приказ Министра обороны Респ. Беларусь от 25.09.2015 г. № 1224.

УДК 656.21.08

## РИСКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НАРУШЕНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ГОРОЧНЫХ ГОРЛОВИНАХ СТАНЦИЙ

*Е. А. ФИЛАТОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

На сортировочных горках периодически фиксируются случаи нарушения безопасности роспуска, связанные с особенностями конструкции подвижного состава и путевого развития. Транспортные происшествия не всегда являются следствием неисправностей, т. к. требования нормативно-технической и конструкторской документации могут выполняться [1]. Такие случаи фиксируются при взаимодействии автосцепок вагонов в кривых. Это объясняется снижением резерва технической совместимости подвижного состава и транспортной инфраструктуры железнодорожных станций на современном этапе. Основные параметры автосцепных устройств были приняты еще при разработке и внедрении автосцепки СА-3 в 1935–1957 годах (проектирование началось в 1929 году). Несмотря на модернизацию элементов ударно-тяговых механизмов, заложенные в то время резервы ширины захвата для подвижного состава увеличенных размеров уже исчерпаны [2, 3].

Наибольшее влияние на параметры взаимодействия оказывает радиус и тип кривых (*s*-образные или круговые). Выполненные исследования горловин станций показали недостаточность величин радиусов кривых для обеспечения эффективности автоматического сцепления и движения вагонов в сцепе [2, 3]. Кроме того, эволюция схем стрелочных горловин вследствие увеличения количества путей привела к увеличению количества кривых в 2–4 раза, широкому применению минимальных радиусов, увеличению количества *s*-образных кривых в 5–13 раз (с учетом стрелочных переводов).

Рассматривая работу горок, следует отметить, что определяющие исходные данные для проектирования (параметры отцепов и климатические условия) по своей природе обладают высокой неопределенностью и в процессе эксплуатации могут изменяться. Кроме того, традиционно применяемая на горках технология предполагает дискретный режим управления скатывающимися с сортировочной горки отцепами. Начальная скорость отцепа задается горочным локомотивом и в дальнейшем может корректироваться только на тормозных позициях. При отсутствии автоматизации возможны ошибки регулирования степени торможения (особенно на башмачных тормозных позициях) из-за сложности ее точной оценки в конкретных эксплуатационных условиях с учетом ходовых характеристик отцепа и климатических условий в данный момент времени. В результате вагон может остановиться на спускной части горки или в начале сортировочных путей.

Возникающие вследствие описанных вероятностных процессов риски требуют выполнения соответствующего анализа [1], который обеспечит базу для их оценивания и снижение до допустимого

уровня. В перспективе это позволит снизить их вероятность и увеличить жизненный цикл объектов инфраструктуры и подвижного состава железных дорог.

Выполненные ранее исследования позволяют выделить следующие элементы риска при скатывании вагона с горки: большие размеры вагона, наличие *s*-образных кривых, наличие усугубляющих роспуск энергетических факторов, ошибки дежурного по горке и работников, выполняющих торможение вагонов. Одним из важнейших этапов анализа риска является определение частоты событий за единицу времени, определяющих исследуемый риск. Статистически установлено, что вероятность появления вагонов увеличенных размеров (ВУР) может достигать 10 %, а количество *s*-образных кривых достигает в среднем 40 %. Среди неблагоприятных энергетических факторов выделяется влияние особых климатических условий (сильный встречный ветер, снегопад), неисправность подшипников и тормозного оборудования, степень загрузки вагона, наличие неблагоприятного профиля на спускной части и сортировочных путях (оценивается на уровне 1 %). Кроме того, существует вероятность ошибок работников сортировочной горки (дежурного по горке – ДСПГ, оператора ДСПГО или регулировщика скорости движения вагонов – РСДРВ). Так как в условиях БЧ на большинстве горок применяется торможение башмаками, то средние вероятности ошибок при регулировании режима роспуска и торможения отцепов могут достигать 10 %.

В исследовании использован метод анализа дерева событий (ЕТА), который позволяет выявить последовательность событий, приводящих к определенным последствиям (исходам), и рассчитать вероятность наступления каждого исхода (рисунок 1) [1, 4]. Рассмотрены два типа исхода ненормативного взаимодействия автосцепок: повреждение (сход) вагона и отсутствие происшествия.

Вагон скатывается с горки	Вагон оказывается массового типа	В горочной горловине отсутствуют <i>s</i> -образные кривые	Отсутствуют усугубляющие роспуск энергетические факторы	ДСПГ исключает взаимодействие вагонов	Ответственный работник безошибочно выполняет торможение	Повреждение автосцепки (сход) вагона	Вероятность исхода
Интенсивность опасности ненормативного взаимодействия автосцепок	нет 0,1 (ВУР)	нет 0,4	нет 0,01	нет 0,001	нет 0,9	происходит	0,0000036 λ
				да 0,1	да 0,1	не происходит	0,00000004 λ
				да 0,999	нет 0,9	не происходит	0,0003996 λ
				нет 0,001	нет 0,9	происходит	0,00003564 λ
				да 0,1	да 0,1	не происходит	0,00000396 λ
				да 0,999	нет 0,9	не происходит	0,0395604 λ
				нет 0,001	нет 0,9	происходит	0,00000054 λ
				нет 0,01	да 0,1	не происходит	0,00000006 λ
				да 0,999	нет 0,9	не происходит	0,0005994 λ
				да 0,99	нет 0,9	происходит	0,00005346 λ
	да 0,9 (ВМТ)	да 0,6	да 0,99	нет 0,001	да 0,1	не происходит	0,00000594 λ
				да 0,999	да 0,1	не происходит	0,0593406 λ
				нет 0,001	нет 0,9	происходит	0,000162 λ
				нет 0,01	да 0,1	не происходит	0,000018 λ
				да 0,95	да 0,1	не происходит	0,00342 λ
				нет 0,01	нет 0,9	происходит	0,0032076 λ
				да 0,99	да 0,1	не происходит	0,0003564 λ
				да 0,99	нет 0,9	не происходит	0,352836 λ
				нет 0,05	нет 0,9	происходит	0,000243 λ
				нет 0,01	да 0,1	не происходит	0,000027 λ
да 0,6	да 0,99	да 0,95	да 0,1	не происходит	0,00513 λ		
		нет 0,01	нет 0,1	происходит	0,0005346 λ		
		да 0,99	да 0,9	не происходит	0,0048114 λ		
		да 0,99	нет 0,9	не происходит	0,529254 λ		
Результат						Повреждение или сход	0,0042372 λ
						Отсутствие происшествий	0,9957628 λ

Рисунок 1 – Дерево событий для оценки риска ненормативного взаимодействия автосцепок

Как видно из рисунка 1, общая вероятность повреждения вагона при несоблюдении условий взаимодействия имеет достаточно низкий уровень и при неблагоприятных условиях может достигать 0,4 %. Однако с учетом высокой степени интенсивности работы сортировочных горок λ событие может относиться к частым [1]. Показанная модель оценки риска требует дальнейшей апробации на реальных сортировочных горках Белорусской железной дороги. Это позволит выполнить анализ и

обеспечить поддержание допустимого уровня риска при эксплуатации объектов инфраструктуры и подвижного состава, а также для оценки уровня тяжести последствий транспортных происшествий при маневровой работе.

Развитие данного направления исследования рисков способствует принятию верных управленческих решений, учитывающих неопределенность условий работы железных дорог, возможность наступления определенных событий или обстоятельств в будущем, а также их влияние на достижение функциональной безопасности объектов инфраструктуры и подвижного состава.

#### Список литературы

1 ГОСТ Р 54505-2011. Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте. – Введ. 2011-11-23. – М. : Стандартинформ, 2012. – 34 с.

2 **Филатов, Е. А.** Обоснование технической совместимости горловин железнодорожных станций и подвижного состава / Е. А. Филатов // Транспортные системы и технологии перевозок : сб. науч. тр. Днепров. нац. ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна. – Днепр : ДНУЖТ, 2020. – Вып. 19. – С. 25–36.

3 **Филатов, Е. А.** Безопасность взаимодействия путевой инфраструктуры железнодорожных станций и подвижного состава // Интеллектуальные транспортные системы : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. (25 мая 2023 г.). – М. : Перо, 2023. – С. 644–654.

4 ГОСТ Р МЭК 62502-2014. Менеджмент риска. Анализ дерева событий. – Введ. 2014-10-24. – М. : Стандартинформ, 2015. – 30 с.

## RESEARCH ON TRAIN MARSHALING AND STOPPING OPTIMIZATION OF INTERCITY RAILWAY CONSIDERING PASSENGER TRAVEL COST AND TRAIN OPERATING COST

HE HONG

Guangzhou Railway Polytechnic, China,

Belarusian State Transport University, Republic of Belarus

### Optimize the operation plan of intercity railway trains considering marshaling and stopping schemes

The travel distance of intercity railway passenger flow is mostly between 30–100 km, and the intercity railway passenger flow is highly cyclical, which is mainly manifested in the time distribution of weekly and daily cycles. The cycle of natural days is reflected in the peak passenger flow from 7:00 to 9:00 in the morning and 17:00–19:00 in the evening. The weekly basis is reflected in the peak passenger flow from Friday to Monday of the week, especially the Friday night peak and Monday morning peak, while the peak passenger flow on Saturday and Sunday mainly comes from travel, family visits, etc. The passenger flow characteristics of intercity railway integrate the passenger flow characteristics of traditional railway and urban rail transit. In the early stage of the opening of intercity railway lines, due to the passenger flow in the cultivation period and the low passenger flow, it was difficult to match the existing single-group, single-stop train operation scheme with the current passenger flow, resulting in low passenger load factor and waste of train capacity. The operation of large-interval trains will increase the waiting time of passengers, resulting in increased travel costs for passengers. Based on this, starting from the train operating cost and passenger travel cost, this paper takes the train operation scheme in a certain direction in the early stage of intercity railway opening as the research object, and optimizes the train operation scheme from the aspects of train formation and stop scheme, as shown in Figure 1.

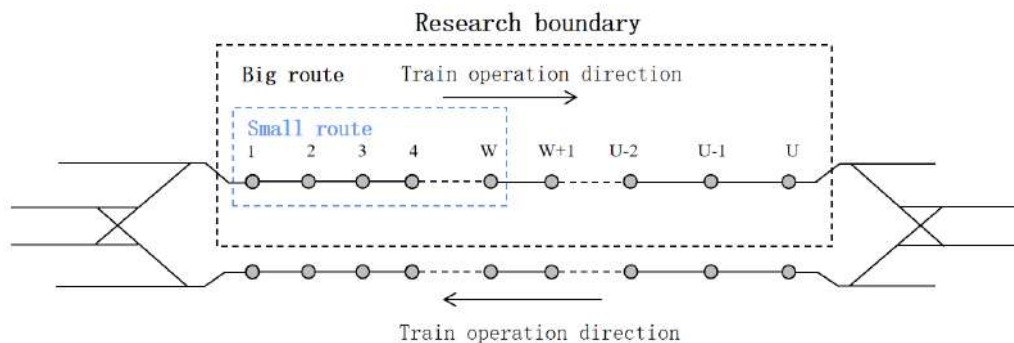


Figure 1