



Факторы, определяющие величину и нормы закрепления «барьерных групп»



Нина КОВАЛЕНКО



Александр БОРОДИН



Кирилл ТАРАСОВ

*Коваленко Нина Александровна – Российский университет транспорта, Москва, Россия.
Бородин Александр Андреевич – Российский университет транспорта, Москва, Россия.
Тарасов Кирилл Александрович – Центральная дирекция управления движением – филиал ОАО «РЖД», Москва, Россия*.*

В настоящее время на сортировочных путях железнодорожных станций ОАО «РЖД» в качестве средств, предотвращающих выход подвижного состава за пределы их полезной длины в противоположную от сортировочной горки сторону, используются «барьерные группы» вагонов. Необходимость использования «барьерных групп» была вызвана рядом факторов, присущих большинству российских железнодорожных сортировочных станций, в частности: наличием на путях подгорочных парков элементов продольного профиля с ускоряющими уклонами, значительными величинами распускаемых отцепов, неблагоприятными климатическими и погодными условиями. В связи с применением на практике эмпирического метода определения величины «барьерных групп» вагонов в совокупности с анализом допущенных случаев нарушения безопасности движения потребовалась разработка научно-обоснованного метода определения необходимости формирования «барьерных групп».

Целью исследования является выявление закономерностей и факторов, влияющих на принятие решения о необходимости формирования «барьерной группы» вагонов на конкретном сортировочном (сортировочно-отправочном) пути, а также на величину и норму закрепления «барьерной группы». Использовались методы статистического анализа и математического моделирования.

Результаты исследований, приведенные в настоящей статье, нашли отражение в нормативных документах ОАО «РЖД», в частности, в Методике определения величины «барьерных групп»

вагонов для установки перед роспуском на свободных путях сортировочных парков и расчета норм закрепления «барьерных групп» [1].

В статье приводится анализ действующей технологии по формированию «барьерных групп» на путях сортировочных и сортировочно-отправочных парков, вводится определение понятия «барьерная группа». Предлагается поэтапная модель определения необходимости формирования «барьерных групп» на свободных сортировочных путях до начала роспуска, расчета величины и норм закрепления «барьерных групп». Установлены критерии расчета с учётом удерживающей способности «барьерных групп» и массы скатывающихся отцепов. Приводятся примеры расчета для конкретных сортировочных станций (на примере ОАО «РЖД»). Определены основные влияющие факторы на величину и нормы закрепления «барьерных групп». Определены зависимости максимально допустимой скорости выхода отцепов с парковой тормозной позиции от средней осевой нагрузки вагонов в отцепе при отсутствии ветра и при попутном ветре, а также нормы закрепления вагонов «барьерной группы» от массы максимального отцепов и величины уклона.

Научно-обоснованный расчёт потребной величины «барьерной группы» и нормы её закрепления тормозными башмаками позволит повысить безопасность движения за счёт предотвращения случаев выхода подвижного состава за пределы полезной длины путей.

Ключевые слова: железная дорога, безопасность движения, сортировочная станция, управление движением, сортировочный процесс, заграждающие средства, барьерная группа, сортировочный путь, нормы закрепления, профиль пути, уклон, роспуск вагонов.

*Информация об авторах:

Коваленко Нина Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры управления эксплуатационной работой и безопасностью на транспорте Российского университета транспорта, Москва, Россия, nina-alex-kov@mail.ru.

Бородин Александр Андреевич – студент Российского университета транспорта, Москва, Россия, borodinups@gmail.com.

Тарасов Кирилл Александрович – начальник технологической службы Центральной дирекции управления движением – филиала ОАО «РЖД», Москва, Россия, tarasovka@center.rzd.ru.

Статья поступила в редакцию 24.04.2019, принята к публикации 17.11.2019.

For the English text of the article please see p. 250.

На железнодорожных поездообразующих станциях расформирование-формирование составов поездов осуществляется на сортировочных устройствах, использующих различные принципы торможения вагонов с использованием вагонных замедлителей и (или) тормозных башмаков. Технические возможности железнодорожных станций по расформированию-формированию поездов во многом зависят от полезной длины путей подгорочных парков, их профиля и плана, а также от характеристик и аэродинамических свойств скатывающихся отцепов.

Согласно требованиям действующих в России нормативно-технических документов пути подгорочного парка горок большой, средней и малой мощности должны оборудоваться заграждающими средствами [2–4]. Однако анализ текущей ситуации показывает, что на ряде сортировочных станций профиль путей подгорочных парков не соответствует нормативным требованиям, а заграждающие средства на них отсутствуют. В результате в процессе роспуска вагонов с горки, особенно при неблагоприятных погодных условиях, сохраняется риск возникновения таких опасных событий, как выход вагонов за пределы полезной длины путей, взрез стрелок, столкновение, образование ползунов. Следствием этого стало постоянное наращивание избыточных ограничений в работе горок, что в свою очередь приводит к снижению их перерабатывающей способности и уменьшению производительности.

В настоящее время в качестве средств, предотвращающих несанкционированный выход подвижного состава за пределы полезной длины путей сортировочного (сортировочно-отправочного) парка в противоположную от горки сторону, в России используются «барьерные группы». Роспуск вагонов с горки и производство маневровой работы толчками на свободные сортировочные (сортировочно-отправочные) пути запрещён до формирования и закрепления на них «барьерных групп» вагонов.

Следует отметить, что зарубежный опыт применения «барьерных групп» на сортировочных станциях отсутствует. Обусловлено это, прежде всего условиями содер-

жания путей подгорочных парков, а также применением высокотехнологичных автоматизированных систем [5], в связи с чем необходимость в использовании «барьерных групп» отпадает.

На практике величина и масса «барьерной группы» вагонов, а также количество тормозных башмаков, укладываемых для её закрепления, определяется, как правило, эмпирическим путём на основе наблюдений и личного опыта руководителей конкретной станции, а также анализа допущенных случаев выхода подвижного состава за пределы полезной длины сортировочных (сортировочно-отправочных) путей на других железнодорожных станциях (в рассматриваемых случаях ОАО «РЖД»). Однако эмпирический подход не позволяет учесть все возможные сочетания неблагоприятных факторов, что может привести к возникновению событий, связанных с нарушением безопасности движения.

С другой стороны, использование «барьерных групп» необоснованно завышенной величины приводит к дополнительным простоям сортировочных горок, а также к непроизводительным потерям и снижению их перерабатывающей способности.

Целью исследования является выявление закономерностей и факторов, влияющих на процесс расформирования-формирования поездов, в частности, принятие решения о необходимости формирования «барьерной группы» вагонов на конкретном сортировочном (сортировочно-отправочном) пути до начала роспуска, а также на величину и норму закрепления «барьерной группы». С этой целью авторами с использованием методов статистического анализа и математического моделирования была разработана модель определения величины «барьерных групп» вагонов и расчёта норм их закрепления.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На кафедре «Управление эксплуатационной работой и безопасностью на транспорте» Российского университета транспорта разработана математическая модель определения величины «барьерных групп» вагонов и расчёта норм их закрепления.

Анализ действующих нормативных документов показал, что термин «барьер-



ная группа» ранее не был однозначно определён, поэтому авторами было введено следующее определение понятия «барьерная группа»: «Барьерная группа» — группа вагонов, устанавливаемая и закрепляемая тормозными башмаками перед началом расформирования состава на путях сортировочного (сортировочно-отправочного) парка, предназначенная для предотвращения самопроизвольного выхода подвижного состава за пределы полезной длины пути в сторону, противоположную сортировочной горке, или места разъединения отцепов в условиях производства манёвров одиночными толчками.

Математические методы, используемые в разработанной модели, позволяют решить следующие основные задачи:

- определить условия, при соблюдении которых отсутствует необходимость использования «барьерных групп» и их размещения на свободных сортировочных (сортировочно-отправочных) путях перед роспуском;
- определить минимально необходимую величину «барьерной группы» для обеспечения её удерживающей способности, позволяющей при соединении с максимальным отцепом со скоростью не более 5 км/ч обеспечить смещение («юз») объединённой группы вагонов не более чем на заданную величину [3];
- определить потребное количество тормозных башмаков для закрепления вагонов «барьерных групп» при различном сочетании основных влияющих факторов (масса и состав «барьерной группы», место её расположения, погодные и другие условия);
- при выполнении расчётов учитывать климатические особенности района расположения железнодорожной станции и следующие режимы её работы: обычный и экстремальный (при неблагоприятных погодных условиях), а также особые условия (замазученность, штормовой ветер).

Расчёт выполняется в два этапа.

Первый этап — определение необходимости формирования «барьерной группы» на конкретном сортировочном пути.

Для выполнения математического моделирования используются следующие исходные данные:

- поэлементный профиль сортировочного (сортировочно-отправочного) пути;
- максимально допустимое количество вагонов в скатывающемся отцепе, определяемое согласно станционной документации (Инструкции по работе сортировочной горки) [6; 7];
- максимальная масса скатывающегося отцепа;
- средняя осевая нагрузка вагонов в скатывающемся отцепе;
- основное удельное сопротивление движению и ветровая нагрузка на подвижной состав с учётом его аэродинамических свойств.

Согласно принятым критериям расчёта, в использовании «барьерных групп» на пути накопления нет необходимости при выполнении следующих условий:

- отцеп максимальной массы, выходя с парковой тормозной позиции со скоростью не выше расчётной¹, остановится до контрольной точки, расположенной в месте укладки первого со стороны горки ограждающего тормозного башмака или на расстоянии не менее $l_{об2} \geq 95$ м от границы полезной длины пути в выходной горловине парка в сторону сортировочной горки;
- полученное расчётное значение скорости выхода отцепа с парковой тормозной позиции не менее величины, установленной с учётом мощности тормозных средств (указанных в паспортах устройств, применяемых на горке, и учитываемых при расчёте максимальной длины отцепа) [8].

Если не обеспечивается выполнение указанных требований, запрещается осуществлять роспуск вагонов на рассматриваемый путь до формирования и закрепления на нём «барьерной группы» вагонов.

Второй этап — определение величины «барьерной группы» вагонов и нормы её закрепления тормозными башмаками на конкретном пути сортировочного (сортировочно-отправочного) парка.

В качестве исходных данных используются параметры, оказывающие наибольшее влияние на рассчитываемые величины:

¹ Расчётная — максимально допустимая скорость выхода отцепа максимальной массы с парковой тормозной позиции, при которой его кинетическая энергия может быть полностью погашена за счёт сил сопротивления движению [9; 10], в результате чего отцеп остановится до контрольной точки.

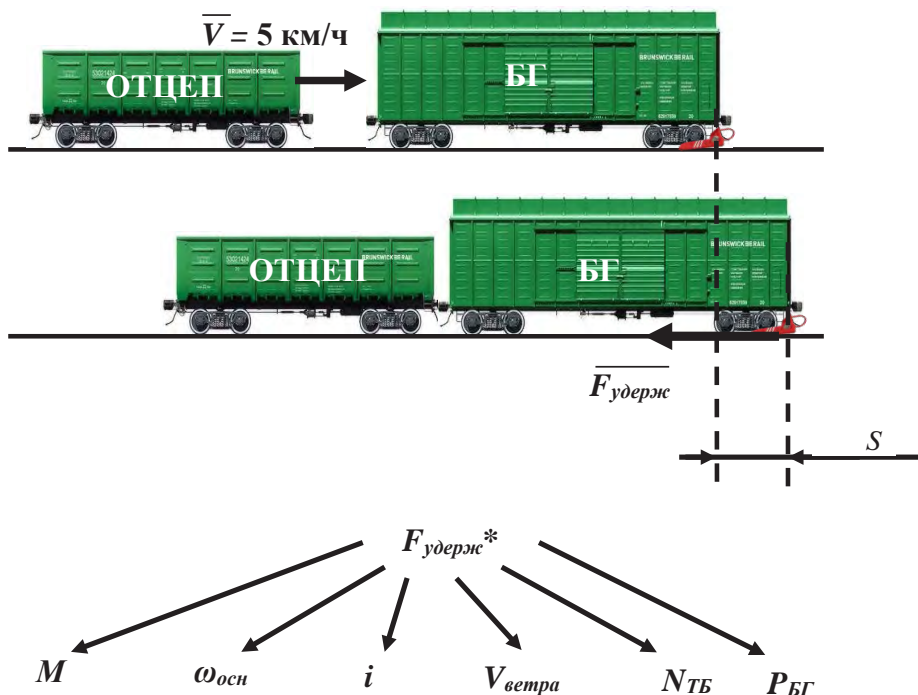


Рис. 1. Схема взаимодействия распускаемого отцепа и «барьерной группы».

- 1) специализация парка (сортировочный или сортировочно-отправочный);
- 2) полезная длина сортировочного (сортировочно-отправочного) пути;
- 3) максимальное количество вагонов в скатывающемся отцепе;
- 4) соотношение гружёных/порожних вагонов в назначении, накапливаемом на рассматриваемом сортировочном пути (гружёные и порожние; только порожние);
- 5) максимальная норма закрепления смешанного подвижного состава на рассматриваемом пути согласно п. 3.9.1 техническо-распорядительного акта (ТРА) [6];
- 6) длина составов, накапливаемых на данном пути.

С учётом того, что «барьерная группа» должна удерживать отцеп максимального веса в пределах полезной длины сортировочного (сортировочно-отправочного) пути, её величина определяется из условия: отцеп при подходе к стоящим на пути и закреплённым тормозными башмаками вагонам «барьерной группы» со скоростью 5 км/ч не вызывает её смещения более чем на заданное расстояние [2; 4; 11].

Разработанный математический аппарат позволяет определить величину «барьерной группы» вагонов и норму её закрепления тормозными башмаками (с уточнением на погодные условия) с учётом максимальной массы распускаемого отцепа, основного удельного сопротивления движению вагонов «барьерной группы», уклона места расположения «барьерной группы», скорости и направления ветра, количества тормозных башмаков, которыми закреплена «барьерная группа», а также средней осевой нагрузки закрепляемых вагонов [12] (рис. 1).

Приведём примеры использования разработанной математической модели как для решения практических задач, так и для выполнения научных исследований.

Пример 1. Обоснование условий, при соблюдении которых нет необходимости использования «барьерных групп» (сортировочный путь № 53 станции Агрыз).

Исходные данные:

1) поэлементный профиль сортировочного пути от парковой тормозной позиции до предельного столбика, расположенного



Результаты расчёта предельно допустимой скорости выхода максимального отцепа с парковой тормозной позиции при обычном режиме работы станции Агрыз

№ участка	Путь № 53				
	Уклон, ‰	Длина, м	Расстояние за парковой ТП, м	$V_{н}$, км/ч	$V_{к}$, км/ч
1	2,2	50	50	6,50	2,84
2	-1,8	50	100	2,84	4,85
3	-0,4	50	150	4,85	4,61
4	0,4	50	200	4,61	3,06
5	-0,4	50	250	3,06	2,67
6	-0,4	50	300	2,67	2,20
7	-0,8	50	350	2,20	2,73
8	-1,4	50	400	2,73	4,19
9	-0,6	50	450	4,19	4,23
10	-0,4	50	500	4,23	3,99
11	-0,8	50	550	3,99	4,35
12	-1,2	50	600	4,35	5,18
13	-1	50	650	5,18	5,70
14	-0,4	50	700	5,70	5,53
15	-0,2	50	750	5,53	5,11
16	0,2	50	800	5,11	4,09
17	0,8	50	850	4,09	0,00
18	0,2	50	900	—	—
19	-3,4	50	950	—	—



Рис. 2. Зависимость максимально допустимой скорости выхода отцепа с парковой тормозной позиции от средней осевой нагрузки вагонов в отцепе при скорости ветра $V_B = 0$ м/с.

в выходной горловине сортировочного парка (приведён в таблице 1);

2) максимальная длина отцепа, установленная в Инструкции по работе горки, составляет для станции Агрыз (механизованная горка) — 28 вагонов;

3) масса максимального отцепа 2800 т;

4) контрольная точка расположена на расстоянии 95 м до предельного столбика в выходной горловине парка в сторону

сортировочной горки, то есть в конце участка № 17.

В результате расчётов установлено, что при обычном режиме работы станции Агрыз нет необходимости в создании «барьерной группы» на сортировочном пути № 53 при условии, что скорость выхода с парковой тормозной позиции первого отцепа, направляемого на указанный путь, не превышает 6,5 км/ч.

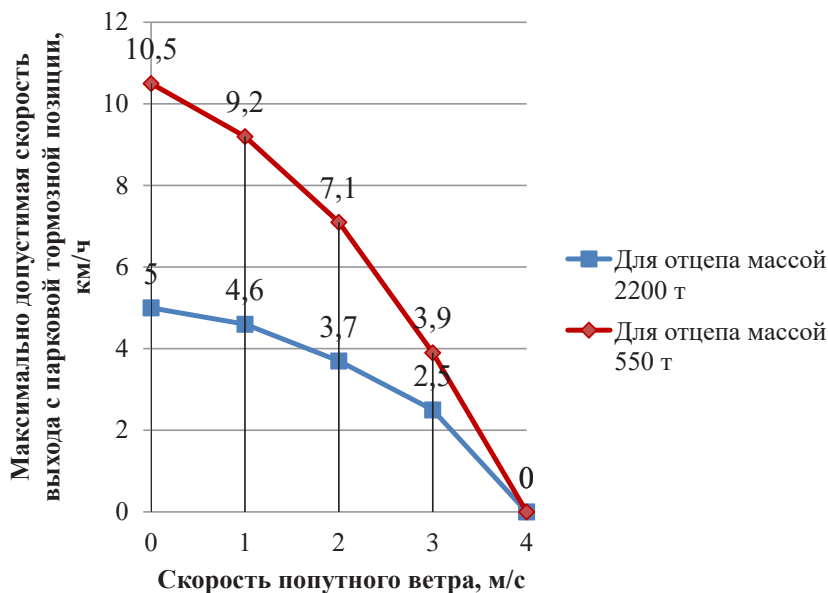


Рис. 3. Зависимость максимально допустимой скорости выхода отцепа с парковой тормозной позиции от скорости попутного ветра. Примечание: 550 т – расчётная масса отцепа из 22 порожних вагонов; 2200 т – расчётная масса из 22 гружёных вагонов.



Рис. 4. Зависимость нормы закрепления вагонов «барьерной группы» от массы максимального отцепа.

Пример 2. Оценка необходимости применения «барьерной группы» вагонов с расчётом её величины и нормы закрепления (сортировочный путь № 23 станции Екатеринбург-Сортировочный).

При выполнении расчётов использован поэлементный профиль пути и следующие исходные данные:

1) максимальная величина отцепа, выпускаемого на свободный путь – 22 усл. вагона;

2) максимальная масса скатывающегося отцепа – 2200 т;

3) средний уклон сортировочных путей от парковой тормозной позиции до места расположения «барьерной группы» – 0,7‰;

4) полезная длина сортировочного пути № 23 – 948 м или 67 усл. ваг.;

5) максимальное допустимое смещение «барьерной группы» – 10 м.

По результатам моделирования установлены зависимости, приведённые на рис. 2–6.

На рис. 2 приведена зависимость максимально допустимой скорости выхода отцепа из 22 вагонов с парковой тормозной



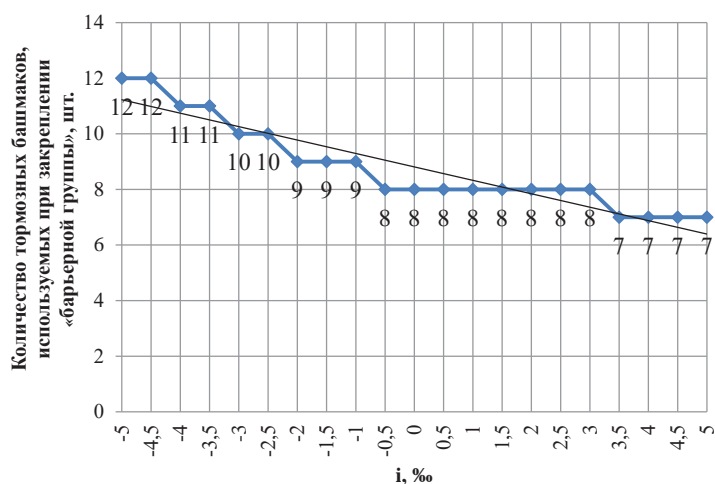


Рис. 5. Зависимость нормы закрепления «барьерной группы» от величины уклона (i), на котором она располагается (пример для отцепа из 22 гружёных вагонов с осевой нагрузкой 25 т/ось).

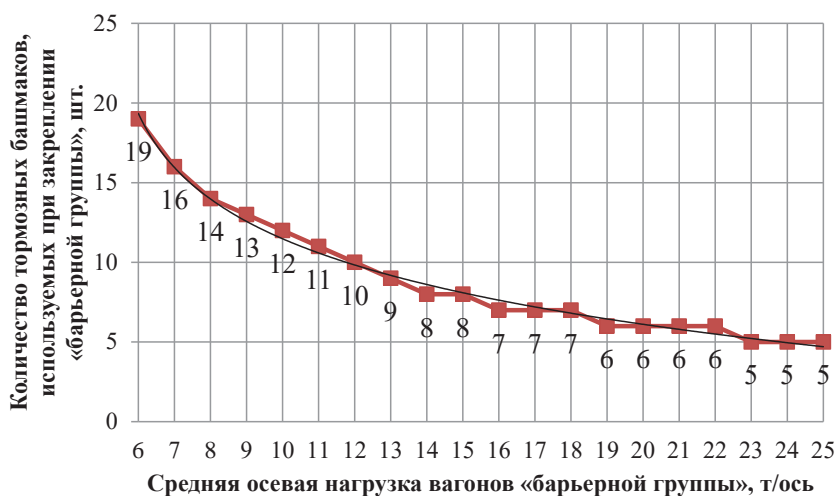


Рис. 6. Зависимость нормы закрепления «барьерной группы» от величины средней осевой нагрузки вагонов «барьерной группы» (для отцепа массой 2200 т).

позиции, при которой отпадает необходимость использования «барьерной группы», от средней осевой нагрузки вагонов в отцепа.

На рис. 3 показана зависимость максимальной допустимой скорости выхода отцепа с парковой тормозной позиции от скорости попутного ветра.

Анализ зависимостей, приведённых на рис. 3, позволяет сделать вывод о том, что на сортировочном пути № 23 станции Екатеринбург-Сортировочный как гружёный, так и порожний отцеп из 22 вагонов при скорости попутного ветра более 3 м/с не смогут самостоятельно остано-

виться у контрольной точки. В этом случае на пути требуется установка и закрепление «барьерной группы» вагонов.

По результатам многофакторного математического моделирования установлено, что основное влияние на величину и норму закрепления «барьерной группы» оказывают следующие факторы:

- максимальная масса отцепа, величина которого установлена в Инструкции по работе горки [6; 7] (рис. 4);
- уклон места расположения «барьерной группы» (рис. 5);
- средняя осевая нагрузка вагонов в «барьерной группе» (рис. 6).

В результате выполненных расчётов для сортировочного пути № 23 станции Екатеринбург-Сортировочный установлено:

- перед роспуском вагонов на пути должна быть сформирована «барьерная группа» величиной не менее пяти гружёных вагонов (при её формировании из гружёных вагонов с осевой нагрузкой не менее 15 т/ось);
- «барьерная группа» располагается на уклоне $i = 0,2\%$ на расстоянии 100 м от предельного столбика в выходной горловине сортировочного парка;
- для закрепления «барьерной группы» при благоприятных погодных условиях используется восемь тормозных башмаков, при неблагоприятных погодных условиях (скорость попутного ветра более 15 м/с) «барьерная группа» закрепляется девятью тормозными башмаками;
- при полезной длине пути № 23 равной 948 м (67 усл. ваг.) и величине «барьерной группы» до пяти вагонов на пути целесообразно накапливать и формировать составы до 58 условных вагонов. В этом случае «барьерная группа» может формироваться в процессе накопления состава и после его выставки оставаться на сортировочном пути, что не приведёт к существенному снижению перерабатывающей способности горки.

ВЫВОД

Научное обоснование необходимости использования «барьерных групп» для установки их перед роспуском на свободных сортировочных (сортировочно-отправочных) путях железнодорожных станций, с расчётом потребной величины «барьерной группы» и нормы её закрепления тормозными башмаками в зависимости от длины и профиля конкретных путей, метеоусловий, веса и длины отцепов, позволит повысить безопасность движения при поездной и маневровой работе за счёт предотвращения случаев выхода вагонов за пределы полезной длины путей.

Формирование «барьерных групп» вагонов на сортировочных (сортировочно-отправочных) путях перед роспуском для гарантированного обеспечения безопасности движения неизбежно влечёт за

собой снижение перерабатывающей способности сортировочных горок. Добиться уменьшения издержек перерабатывающей способности сортировочных станций в условиях необходимости формирования «барьерных групп» возможно путем оптимизации некоторых расчетных критериев [13].

ЛИТЕРАТУРА

1. Методика определения величины «барьерных групп» вагонов для установки перед роспуском на свободных путях сортировочных парков и расчета норм закрепления «барьерных групп», утверждённая Распоряжением ОАО «РЖД» от 2 февраля 2018 г. № 102р.
2. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств колеи 1520 мм, утверждённые заместителем Министра путей сообщения Российской Федерации 10.10.2003 г.
3. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации, утверждены приказом Минтранса России от 21.12.2010 г. № 286 (в редакции от 09.02.2018 г.).
4. Распоряжение ОАО «РЖД» от 14.09.2017 г. № 1871р «Об утверждении Порядка определения возможности производства роспуска и перестановки вагонов через горб сортировочной горки при отсутствии проектной документации».
5. Шабельников А. Н., Иванченко В. Н. Зарубежные системы автоматизации сортировочных горок // Автоматика, связь, информатика. – 2014. – № 3. – С. 45–48.
6. Распоряжение ОАО «РЖД» от 13.04.2017 г. № 711р «О разработке, согласовании и утверждении технически-распорядительных актов станций и приложений к ним в ОАО «РЖД».
7. Распоряжение ОАО «РЖД» от 01.04.2013 г. № ЦД-49/р «Об утверждении Инструкции по расчёту максимально допустимой длины отцепа при роспуске на сортировочных горках».
8. Распоряжение ОАО «РЖД» от 16.01.2018 г. № 55р «Об утверждении технических требований на системы и устройства железнодорожной автоматики и телемеханики сортировочных горок».
9. Бутиков Е. И., Кондратьев А. С. Физика: Учеб. пособие. Кн. 1. Механика. – М.: Физматлит, 2004. – 352 с.
10. Вершинский С. В., Данилов В. Н., Хусидов В. Д. Динамика вагона: Учебник для вузов / Под ред. С. В. Вершинского. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1991. – 360 с.
11. Технический регламент «О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта», утверждён постановлением Правительства Российской Федерации от 15.07.2010 г. № 525.
12. Коваленко Н. А., Бородин А. А., Ефимов Р. А. Разработка методов расчёта величины «барьерных групп» вагонов для установки перед роспуском на свободных путях сортировочных парков и норм их закрепления // Труды XVIII Всероссийской научно-практ. конференции «Безопасность движения поездов». – 2017. – VIII-9.
13. Коваленко Н. А., Бородин А. А. Применение новых критериев расчёта при определении необходимости формирования барьерных групп // Железнодорожный транспорт. – 2019. – № 9. – С. 15–17.

