

УДК 656.212.5

Е.А. Ахмаев, С.А. Бессоненко, В.В. Борисов, К.И. Корниенко

Исследования влияния профиля горки на скорость движения отцепов в сортировочном парке при попутном ветре

Сортировочные горки являются одним из основных средств сортировки вагонов. На перерабатывающую способность горки большое влияние оказывает спускная часть и пути подгорочного парка. Одним из важных факторов движения отцепов на сортировочных путях, как и на всей горке, является значение уклонов. К сожалению, нормативные и расчетные значения уклонов не всегда соблюдаются. Целью данной статьи является исследование того, как отклонение уклона путей сортировочного парка от нормативных значений влияет на скорость движения отцепов.

Для исследования был выбран 5-й путь сортировочного парка ст. И. В начале 5-го сортировочного пути ст. И находится противоуклон размером $-0,2\%$. Исследование влияния изменения профиля на скорость движения отцепов было проведено для двух расчетных бегунов (хорошего и плохого).

В результате исследования были установлены зависимости: конечной скорости отцепов при выходе их с парковой тормозной позиции со скоростью 3 м/с и скорости хорошего бегуна при выпуске его со скоростью 0,7 м/с от пройденного расстояния в сортировочном парке; скорости выхода отцепа с тормозной позиции от расстояния, которое отцеп должен пройти в сортировочном парке.

Искажение профиля горки сильно влияет на скорость движения отцепов. Чем меньше общее удельное сопротивление движению отцепов, тем больше влияние искажения. Из-за сильного проседания профиля невозможно точно определить место остановки хорошего бегуна почти на всем протяжении сортировочного пути. Противоуклон в начале пути очень сильно влияет на скорость выхода отцепов из парковой тормозной позиции. Чтобы отцеп преодолел противоуклон, его необходимо выпускать с большой скоростью. При малом удельном сопротивлении движению отцепа он будет увеличивать свою скорость на всем протяжении сортировочного парка, что может привести к бою вагонов.

Ключевые слова: *сортировочная горка, замедлители, плохой бегун, хороший бегун, основное удельное сопротивление.*

Для нашей страны железные дороги были и остаются одним из важнейших средств перевозки пассажиров и грузов. На долю железнодорожного транспорта приходится до 75 % грузооборота и 40 % пассажирооборота, выполняемого транспортом общего пользования [1]. В связи с этим остро встает проблема сортировки вагонов различного назначения и массы. Для выполнения сортировки вагонов используются сортировочные устройства, основными из которых являются сортировочные горки различной мощности.

При сортировке вагонов огромное значение необходимо уделять сортировочному парку, потому что это один из основных элементов, регулирующих максимальную перерабатывающую способность горки, которая во многом зависит от того, с какой скоростью вагоны выходят на путь с парковой тормозной позиции:

1) при большой скорости движения отцепа он столкнется с уже стоящими отцепами, что может привести к повреждению вагонов, необходимости их отцепки и пересортировки оставшихся вагонов. На сегодняшний день

максимально разрешенная скорость соударения составляет 1,5 м/с;

2) при малой скорости движения отцепа он не доедет до предыдущего отцепа, т.е. между отцепами будут возникать «окна», и для того, чтобы эти «окна» сократить, путь необходимо будет осаживать. Это приведет к увеличению горочного интервала и, как следствие, к уменьшению перерабатывающей способности горки;

3) на сети железных дорог некоторые грузы вообще нельзя распускать с горки в автоматическом режиме. Сейчас на сети железных дорог доля опасных грузов составляет более 25 % общего грузооборота. При точном расчете места остановки отцепов будет возможен роспуск опасных грузов с горки в автоматическом режиме, что повысит ее перерабатывающую способность за счет сокращения времени на операции с опасными грузами [2].

Одним из важных факторов движения отцепов на сортировочных путях, как и на всей горке, является значение уклонов. К сожалению, нормативные и расчетные значения уклонов не всегда соблюдаются [3–6]. Целью

данной статьи является исследование того, как изменения профиля (вследствие эксплуатации или со временем) влияют на скорость движения отцепа в сортировочном парке и возможность роспуска отцепов с разными ходовыми свойствами.

Конечная скорость движения с учетом всех уклонов может быть получена по формуле, представленной в [7]:

$$v_{\text{кон}} = \sqrt{v_{\text{нач}}^2 + 2q' \sum_{j=1}^n l_j (i_j - \omega_j)}, \quad (1)$$

где $v_{\text{нач}}$ – начальная скорость отцепа, м/с; q' – ускорение силы тяжести с учетом инерции вращающихся частей отцепа, м/с²; l_j – длина участка, м; i_j – уклон участка, ‰; ω_j – результирующее удельное сопротивление на участке, Н/кН.

Согласно [8, 9] отцеп должен соударяться с предыдущим отцепом со скоростью не более 1,5 м/с. Для увеличения перерабатывающей способности сортировочной горки необходимо добиться минимального количества осаживаний, т.е. между отцепами нельзя допускать «оконов». В этом случае конечную скорость можно представить как интервал от 0 м/с (отцеп докатился до нужной точки и остановился в ней) до 1,5 м/с (отцеп соударился в этой точке с предыдущим отцепом с допустимой скоростью). Зная конечную скорость движения, по формуле (2) можно найти скорость движения отцепа при выходе из парковой тормозной позиции:

$$v_{\text{нач}} = \sqrt{v_{\text{кон}}^2 + 2q' \sum_{j=1}^n l_j (i_j - \omega_j)}. \quad (2)$$

Исследование влияния профиля на скорость движения отцепа было проведено для сортировочного парка ст. И. Длина сортировочного парка была принята равной 1000 м. Фактические значения уклонов профиля приведены в табл. 1.

На рис. 1 представлен профиль 5-го пути сортировочного парка.

В начале 5-го сортировочного пути ст. И находится противоуклон размером –0,2 ‰. После этого идет уклон на протяжении 850 м. Максимальное значение уклона равно 2 ‰ на участке 3. Минимальный уклон равен 0 ‰ на участках 8, 13 и 15. Из-за этого значение спрямленного уклона на первых 900 м будет равно 0,7 ‰, что не соответствует нормативному значению. Последний участок длиной 100 м имеет спрямленный уклон, равный –1,7 ‰, что также не соответствует допускам к нормативным значениям.

Исследование влияния изменения профиля на скорость движения отцепов проведено для двух расчетных бегунов (хорошего и плохого) и следующих условий:

- средняя температура окружающего воздуха для декабря –12 °С;
- направление ветра попутное, скорость ветра 5 м/с [10].

Угол между направлением ветра и осью участка пути, по которому движется отцеп, и угол между результирующим вектором относительной скорости и направлением движения отцепа принимаются равными 0 град.

В табл. 2 приведены значения сопротивления движению бегунов.

Таблица 1

Фактические значения профиля 5-го пути сортировочной горки ст. И

Участок	Уклон, ‰	Длина, м	Участок	Уклон, ‰	Длина, м
1	–0,2	50	11	0,8	50
2	1,4	50	12	1	50
3	2	50	13	0	50
4	0,8	50	14	0,4	50
5	0,4	50	15	0	50
6	1,2	50	16	1	50
7	1	50	17	1,4	50
8	0	50	18	–2	50
9	1	50	19	–1,4	50
10	1,2	50	–	–	–

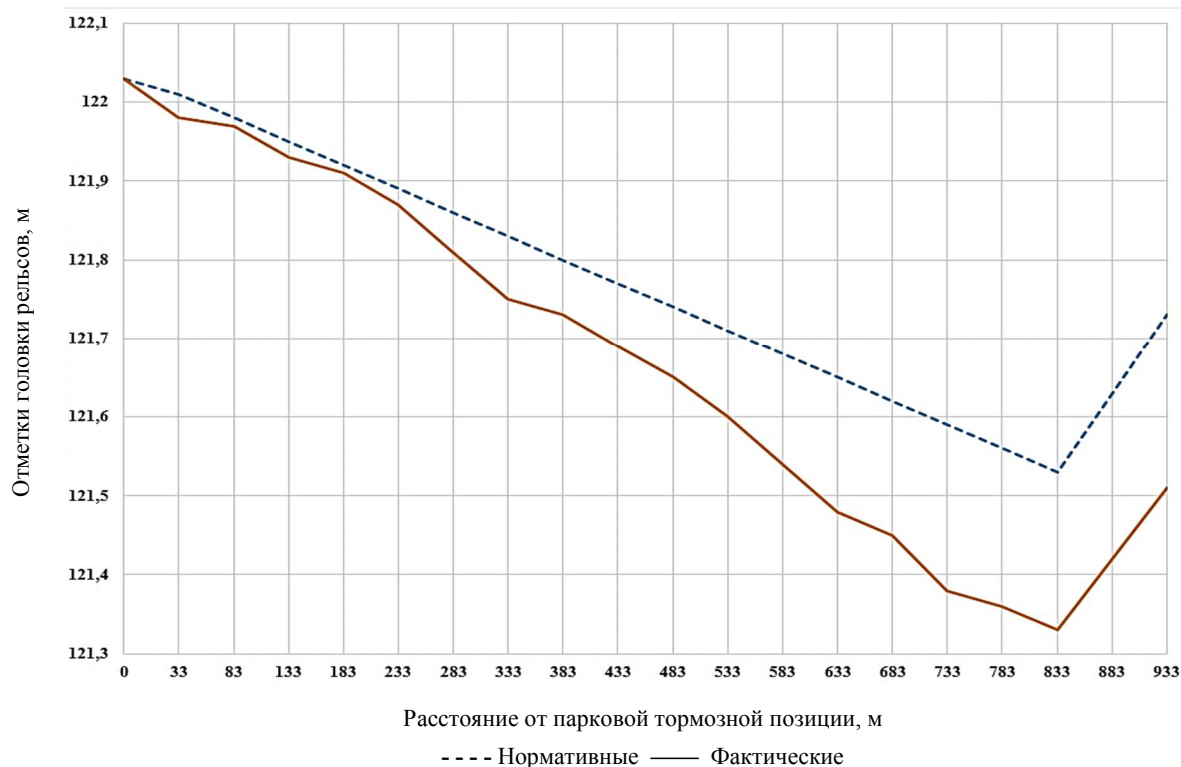


Рис. 1. Профиль 5-го пути сортировочного парка

На рис. 2 представлен график изменения скорости отцепов при их выходе с парковой тормозной позиции со скоростью 3 м/с. Сплошной линией обозначена скорость движения отцепа для нормативных уклонов, пунктирной – для фактических. Верхний график является графиком зависимости скорости от расстояния для хорошего бегуна, нижний – для плохого.

По графику можно сделать следующие выводы:

1. При выпуске отцепа с малым результирующим сопротивлением (хорошего бегуна) со скоростью 3 м/с на всем протяжении сортировочного парка скорость будет возрастать. Это связано, во-первых, с воздействием ветра на отцеп и, во-вторых, с малым сопротивлением самого отцепа. При таких условиях отцеп или соударится с предыдущим отцепом со скоростью, превышающей разрешенную, или

выкатится за пределы сортировочного парка, так как противоуклон в конце пути не даст необходимого для остановки сопротивления движению. При этом график скорости по нормативным уклонам лежит ниже, чем график скорости по фактическим уклонам, следовательно, фактическая скорость отцепа больше, чем расчетная. Отсюда можно сделать вывод, что отцепы с низким сопротивлением необходимо распускать с особой осторожностью.

2. При выпуске отцепа с большим результирующим сопротивлением (плохой бегун) со скоростью 3 м/с он замедляется. Расчетная точка остановки составляет 207 м. При этом фактическая точка остановки равна 237 м. То есть из-за различия величин профиля отцеп дополнительно проедет 30 м. При фактических значениях уклонов скорость отцепа в точке 207 м равна 1,3 м/с, т.е. если в этой

Таблица 2

Сопротивление движению бегунов

Бегун	Род вагона	q , тс	w_0 , Н/кН	w_n , Н/кН	c_x	S , м ²
Плохой	Крытый	22	4,5	0,2	1,12	9,7
Хороший	Полувагон	85	0,5	0	1,36	8,5

Примечание. Символ q – вес вагона, тс; w_0 – основное удельное сопротивление движению вагонов, Н/кН; w_n – удельное сопротивление движению вагонов от снега и инея, Н/кН; c_x – воздушный коэффициент сопротивления одиночных вагонов или первого вагона в отцепе; S – площадь поперечного сечения одиночного отцепа, м².

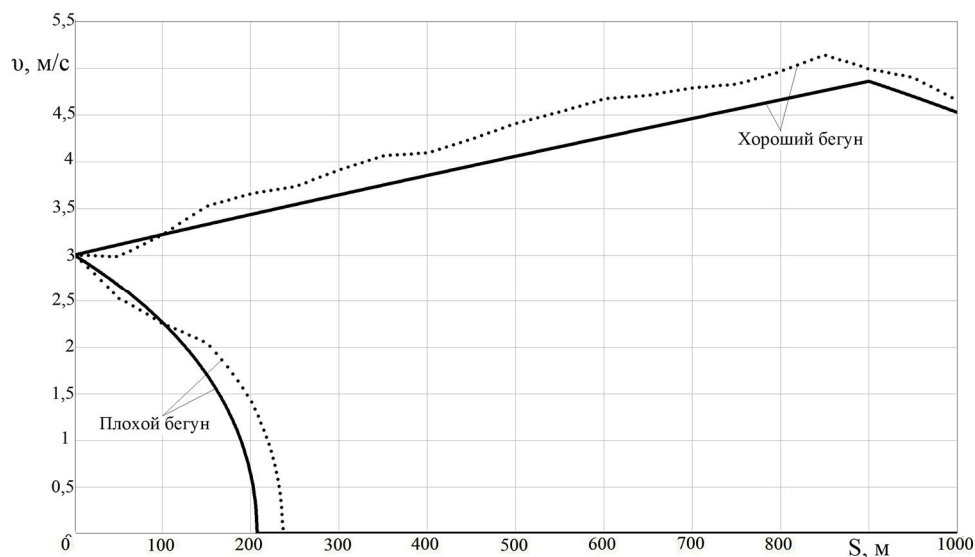


Рис. 2. График скорости отцепов при выходе с парковой тормозной позиции со скоростью 3 м/с

точке будет стоять другой отцеп, соударение произойдет с допустимой скоростью.

3. Изменение профиля особенно сильно влияет на хорошие бегуны. Чем выше значение результирующего сопротивления движению отцепа, тем меньше профиль оказывает влияние на его скорость движения. По рис. 2 видно, что графики зависимости для фактических и нормативных уклонов плохого бегуна (с высоким результирующим сопротивлением) почти совпадают, но для хороших бегунов скорости очень сильно отличаются, что может привести к бою вагонов.

На рис. 3 представлен график зависимости расчетной скорости выхода отцепа с парковой тормозной позиции от расстояния, на котором отцеп должен остановиться. Сплошной линией обозначена скорость выхода с парковой тормозной позиции для нормативных уклонов, пунктирной – для фактических. Верхний график является графиком зависимости скорости от расстояния для плохого бегуна, нижний – для хорошего. Расчет был произведен по формуле (2).

Для отцепа с высоким удельным сопротивлением необходимая скорость выхода с тормоз-

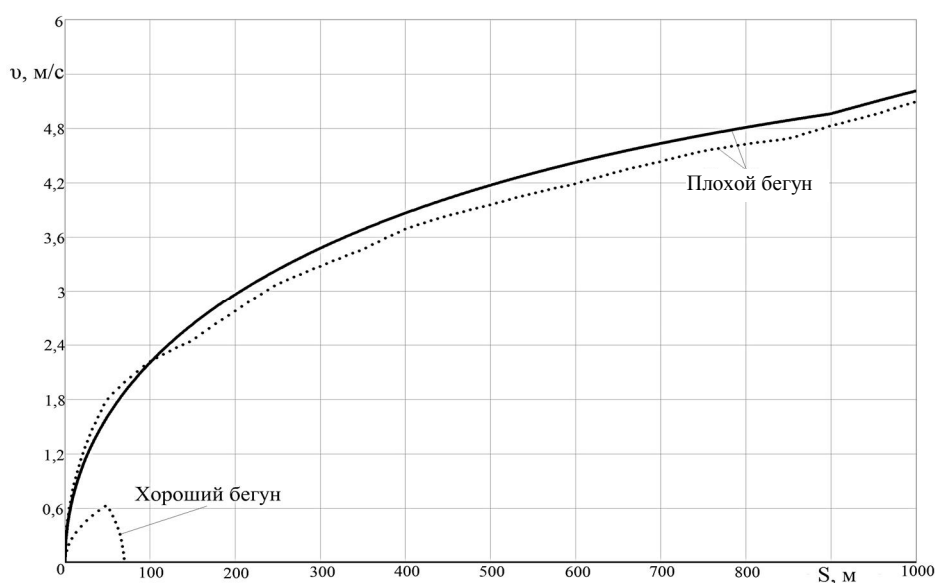


Рис. 3. Зависимость скорости выхода отцепа с тормозной позиции от расстояния, которое он должен пройти в сортировочном парке

ной позиции увеличивается с расстоянием, которое он должен пройти в сортировочном парке. Для отцепа с малым удельным сопротивлением скорость уменьшается, а это значит, что при выпуске отцепа с малым удельным сопротивлением нельзя точно определить точку остановки данного отцепа. Кроме этого, противоуклон в начале пути также оказывает сильное влияние на движение данного отцепа. Для того чтобы отцеп преодолел данный противоуклон, его необходимо выпускать со скоростью более 0,7 м/с. В этом случае график конечной скорости движения отцепа представлен на рис. 4. Пунктирной линией показана скорость для фактического профиля при выпуске со скоростью 0,7 м/с, сплошной линией – для нормативного профиля при выпуске отцепа со скоростью 0 м/с. Штрихпунктирной линией показана максимальная скорость движения хорошего бегуна.

По графику видно, что при выходе отцепа с парковой тормозной позиции со скоростью 0,7 м/с через 120 м его скорость станет больше 1,5 м/с и дальше будет увеличиваться. Кроме того, из графика следует, что даже нормативные значения профиля при подобных условиях приводят к тому, что отцеп на всем протяжении сортировочного пути увеличивает скорость, а это может привести к бою вагонов. Фактические изменения профиля только ухудшают ситуацию с роспуском хороших бегунов. Сле-

довательно, распускать хорошие бегуны надо с особой осторожностью.

Для плохого бегуна график скоростей для фактических уклонов лежит ниже, чем график скоростей для нормативных уклонов. Следовательно, отцеп не будет останавливаться в расчетной точке. Исключение составляет интервал от 0 до 100 м, в котором отцеп не будет докатываться до заданной точки.

Выводы:

1. Искажение профиля горки сильно влияет на скорость движения отцепов. Чем меньше общее удельное сопротивление движению отцепов, тем больше влияние искажения.

2. Хорошие отцепы необходимо распускать с горки с особой осторожностью из-за их низкого удельного сопротивления. Попутный ветер уменьшает общее удельное сопротивление, при этом отцеп будет двигаться с большей скоростью, чем необходимо по нормативу.

3. Из-за сильного проседания профиля невозможно точно определить место остановки хорошего бегуна почти на всем протяжении сортировочного пути.

4. Противоуклон в начале пути оказывает очень сильное влияние на выпуск отцепов. Чтобы отцеп преодолел противоуклон, его необходимо выпускать с большой скоростью, из-за проседания профиля после противоуклона это может привести к бою вагонов.

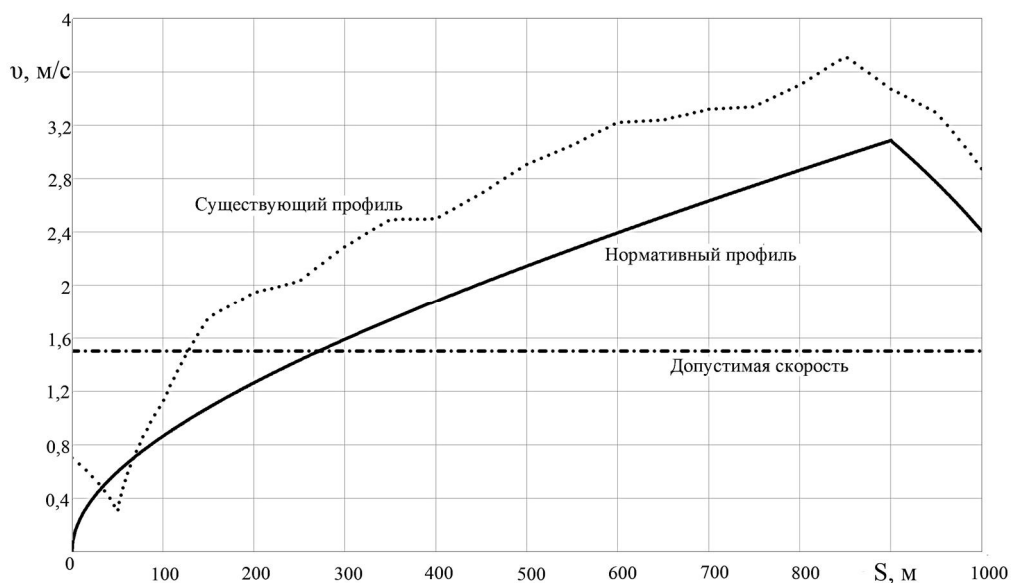


Рис. 4. График скорости хорошего бегуна при выпуске со скоростью 0,7 м/с

Библиографический список

1. *Медведева Н.Л.* Совершенствование методов расчета горок малой мощности, обеспечивающих функционирование местных сортировочных систем: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2001. 24 с.
2. Сортировочные станции: взаимодействие, размещение, развитие. Методологические принципы / А.Ф. Бородин, Р.В. Агеев, А.С. Крылов, М.Б. Сиротич // Железнодорожный транспорт. 2010. № 7. С. 20–27.
3. *Бессоненко С.А.* Оптимизация основных параметров сортировочной горки // Совершенствование эксплуатационной работы железных дорог: Сб. науч. ст. 2008. С. 4–25.
4. *Осипов Д.В.* Влияние искажений продольного профиля перевальной части сортировочной горки на проход отцепов без саморасцепа // Современная наука: теоретический и практический взгляд: Сб. науч. ст. 2015. С. 32–36.
5. Проектирование плана и профиля сортировочной горки и подгорочных путей на станции Инская Западно-Сибирской железной дороги с учетом существующих продольных профилей и исходя из минимизации возможных работ по их дальнейшей выправке: Отчет о НИР: В 2 т. / Рук. работы А.А. Климов; Исполн. С.В. Карасев [и др.]. Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2009. Т. 1. 153 с.
6. Капитальный ремонт с выправкой путей четной горки станции Инская: разработка элементов САПР по выправке путей сортировочной горки: Отчет по НИР (заключ.) / Рук. работы В.И. Жуков. Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2000. 12 с.
7. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1520 мм. М., 2003. 168 с.
8. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. М., 2012. 190 с.
9. Пособие по применению правил и норм проектирования сортировочных устройств / Ю.А. Муха, Л.Б. Тишков, В.П. Шейкин и др. М.: Транспорт, 1994. 220 с.
10. *Корниенко К.И.* Исследование влияния профиля горки на скорость движения отцепов в сортировочном парке при встречном ветре // Наука и молодежь СГУПС в третьем тысячелетии. Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2017. № 6. С. 104–111.

E.A. Akhmaev, S.A. Bessonenko, V.V. Borisov, K.I. Kornienko

The Impact of the Falling Gradient of Classification Tracks on the Car Speed under Favoring Wind

Abstract. Marshaling yards are the main car handling facilities. The shunting capacity of such yards depends on the structure of their downway and classification tracks. The falling gradient is one of the most important factors which define the motion of cars and car strings on classification tracks and all over the yard. Unfortunately, standard and estimated values of falling gradients are not always observed at real tracks. The aim of the present study was to examine the degree to which the deviation of falling gradients of classification tracks from their normative values affects the speed of cars moving in the yard.

For performing the study, the fifth classification track of the marshalling yard of railway station I was chosen. At the beginning of the track, there is an opposite elevation amounting to -0.2%. The impact of classification-track profile variation on the car speed was investigated for two runners, good and bad.

As a result of the study, the end speed of cars departing from the brake position at a speed of 3 meters per second and the speed of the good-runner car departing from the brake position at a speed of 0.7 meters per second were evaluated as functions of covered distance in the yard. Also, the car speed at which this car has to depart from the brake position to cover a certain distance in the yard was determined as a function of the assumed distance.

The falling-gradient value was found to have a strong impact on the evaluated car speed. The higher is the ground resistivity to car motion, the more pronounced is the influence due to the difference between the actual and standard/calculated gradient values. A strong subsidence of the track hampers the adequate determination of the stop position of the good runner almost throughout the whole extent of the classification track. An opposite elevation at the beginning of the downtrack strongly affects the speed of departure of the cars from their brake position. For a car to climb an opposite elevation, this car needs to be released at a greater speed. At a low ground resistance, the car will move at increasing speed all over the marshalling yard, and this may lead to car breakage.

Key words: *marshaling yard; retarders; bad runner; good runner; ground resistivity.*

Ахмаев Евгений Николаевич – начальник Инской дистанции сигнализации, централизации и безопасности. E-mail: shch8-AhmaevEN@wsr.ru

Бессоненко Сергей Анатольевич – доктор технических наук, доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой» СГУПС. E-mail: Bessonenko@stu.ru

Борисов Виктор Вадимович – главный инженер Инской дистанции сигнализации, централизации и безопасности. E-mail: shch8-BorisovVV@wsr.ru

Корниенко Константин Ильич – аспирант кафедры «Управление эксплуатационной работой» СГУПС. E-mail: KKonstantini@mail.ru