

УДК 625.032.3

Н. И. Карпущенко, Е. С. Антерейкин, П. С. Труханов

Анализ отказов рельсов на перевальном участке с высокой грузонапряженностью

Поступила	14.05.2018
Рецензирование	05.09.2018
Принята к печати	03.10.2018

В ходе эксплуатации в рельсах протекают процессы износа, смятия, усталости. В результате образуются различные повреждения и дефекты. Отказ рельса обусловлен дефектом, при котором исключается движение поездов либо ограничивается их скорость.

В статье рассмотрено текущее состояние проблемы высокой интенсивности отказа рельсов, обоснована необходимость систематического изучения отказов рельсов в сложных условиях эксплуатации на перевальных участках с высокой грузонапряженностью и тяжеловесным движением.

Исследование проведено на основе натурного обследования электрифицированного участка Южно-Сибирской магистрали с использованием результатов прохода вагона-путеизмерителя, учетных форм дефектности рельсов и данных по пропущенному тоннажу. На этом участке значительная часть пути расположена в кривых, а уклон продольного профиля достигает 9 ‰. Кроме того, на более чем 60 % пути пропущенный тоннаж превышает установленный норматив. Высокая интенсивность отказов рельсов является причиной наличия на участке около 700 временно восстановленных мест бесстыкового пути.

В процессе работы выполнен анализ отказов рельсов по кодам дефектов на протяжении 110 км в зависимости от грузонапряженности путей, уклонов элементов профиля, наработки тоннажа. Сделан вывод, что сверхвысокая интенсивность отказов рельсов на рассматриваемом участке связана со сложным планом и профилем пути, наличием тяжеловесного движения с высокими осевыми нагрузками и большой протяженностью участков со сверхнормативной наработкой тоннажа.

Ключевые слова: железнодорожный путь, перевальный участок, сложный план и профиль, тяжеловесное движение, наработка тоннажа, высокая интенсивность отказов рельсов.

Рост грузонапряженности железных дорог России, характеризующий интенсивность работы пути, происходит одновременно с повышением нагрузок подвижного состава на рельсы и ростом скорости движения поездов. В настоящее время максимальная осевая нагрузка инновационных вагонов составляет 23,5–25 тс, локомотивов – 25 тс [1, 2]. Высокая грузонапряженность определяет и достаточно высокий уровень общего ежегодного одиночного выхода рельсов из строя.

Необходимость повышения эксплуатационного ресурса и работоспособности рельсов обусловлена сохраняющимся несоответствием между их потребительскими свойствами и существующими на основных участках сети тяжелыми условиями работы [3]. Увеличение срока службы рельсов невозможно без глубокого и тщательного изучения причин выхода их из строя. В условиях интенсивного смешанного грузового и пассажирского движения важно иметь правильно построенную систему дефектоскопирования, позволяющую предотвращать внезапные разрушения рельсов под поездами. Это обеспечивает безопасность движения последних [4].

Кроме того, необходимо свести к минимуму одиночную замену рельсов, что сопряжено с большими трудностями в условиях интенсивного движения, и предусмотреть максимально возможные по длительности временные интервалы между сплошными сменами рельсов [5, 6].

Срок службы (жизненный цикл) рельсов в настоящее время ограничивается не столько их износом по всей длине, сколько появлением разнообразных дефектов, из-за которых одиночные поврежденные рельсы должны быть изъяты из пути и заменены. По мере увеличения пропущенного по рельсам тоннажа растет интенсивность образования в них дефектов усталостного происхождения. Важным фактором, обеспечивающим безопасность движения поездов, в путевом хозяйстве является периодический контроль состояния рельсов средствами дефектоскопии. Рельсы в пути на протяжении всего жизненного цикла постоянно контролируют, причем периодичность контроля достаточно высока: 7–15 дней [7, 8].

После замены в одиночном порядке 5–10 % всех рельсов, уложенных одновременно на данном участке пути, интенсивность их выхода из

стройка становится настолько высокой, что приходится проводить сплошную смену рельсов или капитальный ремонт пути со сплошной сменой рельсов. Естественно, что для увеличения работоспособности рельсов и изыскания способов, предотвращающих образование в них повреждений, необходимо выяснить основные причины, которые приводят к преждевременному выходу рельсов из строя [8].

Ученые еще в 1930-е гг. пришли к выводу, что только массовое исследование рельсов с применением методов математической статистики в сочетании с комплексными эксплуатационными и лабораторными испытаниями опытных партий рельсов позволит повысить их срок службы. Тогда же было замечено, что характер разнообразных повреждений рельсов, снимаемых с пути, повторяется с удивительным сходством. В связи с этим в различных странах были предприняты попытки классифицировать типичные виды изломов и повреждений рельсов.

Статистический учет снимаемых с пути рельсов, выполняемый в течение нескольких лет, важен с научной и практической точек зрения. Необходимость в нем объясняется прежде всего большими объемами капиталовложений в рельсовое хозяйство железных дорог.

Немалое количество отказов связано с интенсивным износом рельсов в кривых [9, 10]. Одним из действенных способов снижения интенсивности износа рельсов при тяжеловесном движении на зарубежных дорогах является одновременное применение лубрикации боковой поверхности головки рельса и нанесение модификаторов трения на поверхность катания [10].

Исследование отказов рельсов по основным дефектам, определяющим объем работ по их преждевременной замене и безопасность движения поездов, выполнено на одном из перевальных участков Западно-Сибирской железной дороги со сложными условиями эксплуатации.

Участок двухпутный, расположен на Южно-Сибирской магистрали. План и профиль пути носят сложный характер. Участок с уклонами 8–9 ‰ делится на две части: подъем протяженностью 25 км и спуск протяженностью 85 км.

Количество кривых на участке составляет 401 шт. Участок электрифицированный, ток переменный, ведущий локомотив ВЛ80СК. Грузонапряженность и осевые нагрузки значительно различаются по путям: на 1-м пути они в три раза выше, чем на 2-м. Верхнее строение пути – бесстыковой путь на железобетонных шпалах со скреплениями КБ-65 и ЖБР-65. На протяжении 73 км для грузовых поездов установлена скорость 60 км/ч, пропущенный тоннаж превышает установленный норматив $T = 700$ млн т бр. и составляет 730–1 000 млн т бр. Балловая оценка состояния пути превышает 40 баллов. На участке имеется около 700 временно восстановленных мест бесстыкового пути. На 87 км требуется проведение усиленного капитального ремонта пути [11].

Статистический анализ выполнен по данным об отказах с использованием ведомости сменных рельсов за 2017 г. Выход рельсов в дефектные существенно зависит от грузонапряженности участка, осевых нагрузок подвижного состава, наработки тоннажа, состояния плана и профиля, наличия тяжеловесного движения. По этим показателям эксплуатационные условия на 1-м и 2-м путях участка существенно различаются.

Приведенный к 1 км пути средневзвешенный тоннаж на спуске 1-го пути составил 738 млн т бр., а на подъеме – 991 млн т бр. (рис. 1). В то же время ситуация с наработкой тоннажа на 2-м пути более благоприятная: на подъеме приведенный тоннаж составил 317 млн т бр., на спуске – 273 млн т бр.

Кроме того, сверхнормативная наработка тоннажа с 700 до 1 200 млн т бр. на спуске 1-го пути имеет место на участке протяженностью 62 км (рис. 2), на подъеме – на участке протяженностью 25 км (рис. 3), на 2-м пути участки со сверхнормативной наработкой тоннажа отсутствуют.

Таким образом, 79 % протяженности 1-го пути, по которому обращаются тяжеловесные поезда с высокой осевой нагрузкой, имеют сверхнормативную наработку тоннажа.

Приведенные выше показатели существенно влияют на одиночный выход рельсов в дефектные. Так, за 2017 г. на рассматриваемом участке протяженностью 110 км заменены по всем кодам дефектов на 1-м пути 1 131 рельс (10,28 шт./км), а на 2-м пути 135 рельсов

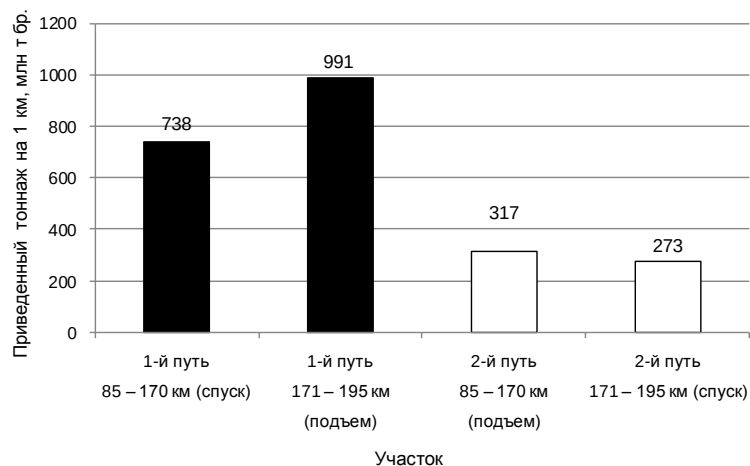


Рис. 1. Распределение приведенного наработанного тоннажа по путям и элементам профиля

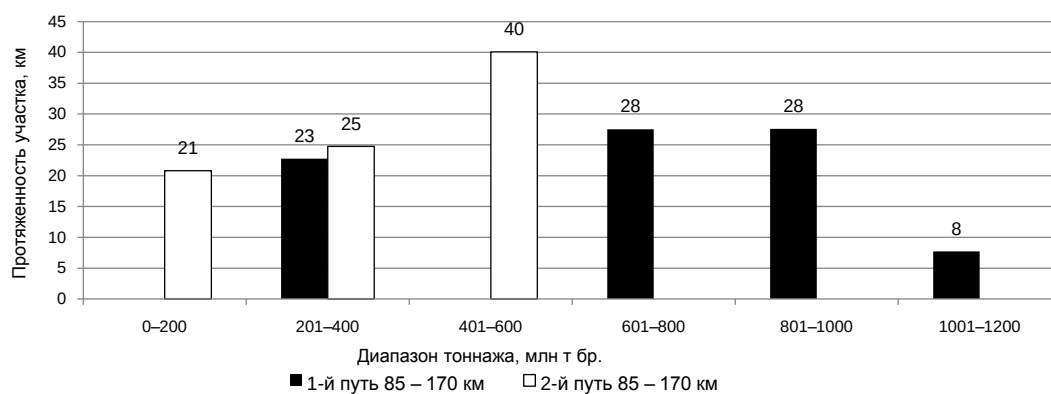


Рис. 2. Протяженность участков пути в зависимости от величины наработанного тоннажа на участке спуска длиной 85 км

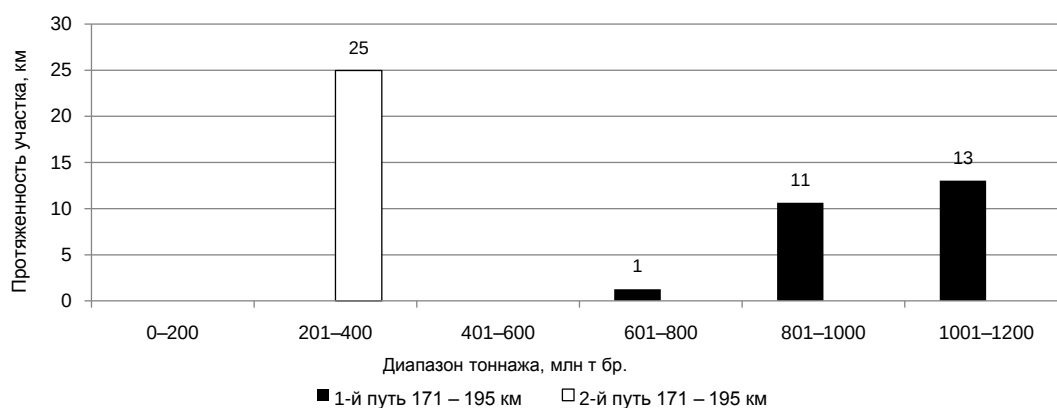


Рис. 3. Протяженность участков пути в зависимости от величины наработанного тоннажа на участке подъема длиной 25 км

(1,23 шт./км) (таблица). Следует отметить чрезвычайно высокую интенсивность отказов рельсов на 1-м пути: она в 8,4 раза выше, чем на 2-м пути (рис. 4). Наиболее высокая интенсивность отказов наблюдается на участке со сверхнормативной наработкой тоннажа.

Замена рельсов по коду 44.0 (боковой износ) на 1-м пути составила 330 шт. (3,0 шт./км), а на

2-м пути – 36 шт. (0,33 шт./км), из чего следует, что доля отказов по дефекту 44.0 составляет 27–29 % суммарных отказов по всем кодам. При этом относительное число отказов на 1-м пути в 9,1 раза выше, чем на 2-м (рис. 5). Интенсивность отказов на подъеме 1-го пути на 12 % выше, чем на спуске.

Количество замененных рельсов на перевальном участке пути в 2017 г.

Вид выборки	Тоннаж, млн т бр.						Отказы, шт.	
	0–200	201–400	401–600	601–800	801–1 000	Более 1 000	Всего	На 1 км
Все коды, 1-й путь, 110 км	87	84	159	213	331	257	1 131	10,28
Все коды, 2-й путь, 110 км	4	28	77	10	11	5	135	1,23
1-й путь, 85 км (спуск)	76	66	149	181	230	181	883	10,39
1-й путь, 25 км (подъем)	11	17	10	29	101	76	244	9,76
2-й путь, 85 км (подъем)	4	14	76	9	10	5	118	1,39
2-й путь, 25 км (спуск)	0	14	1	1	1	0	17	0,68
Код 44.0, 1-й путь, 110 км	57	38	36	68	95	36	330	3,00
Код 44.0, 2-й путь, 110 км	1	11	19	0	5	0	36	0,33
Код 44.0, 1-й путь, 85 км (спуск)	49	28	32	54	62	23	248	2,92
Код 44.0, 1-й путь, 25 км (подъем)	8	10	4	14	33	13	82	3,28
Код 44.0, 2-й путь, 85 км (подъем)	1	2	19	0	5	0	27	0,32
Код 44.0, 2-й путь, 25 км (спуск)	0	9	0	0	0	0	9	0,36
Код 99, 1-й путь, 110 км	5	6	15	19	24	17	86	0,78
Код 99, 2-й путь, 110 км	0	1	7	2	2	0	12	0,11
Код 99, 1-й путь, 85 км (спуск)	3	6	13	17	19	12	70	0,82
Код 99, 1-й путь, 25 км (подъем)	2	0	2	2	5	5	16	0,64
Код 99, 2-й путь, 85 км (подъем)	0	1	7	2	1	0	11	0,13
Код 99, 2-й путь, 25 км (спуск)	0	0	0	0	1	0	1	0,04

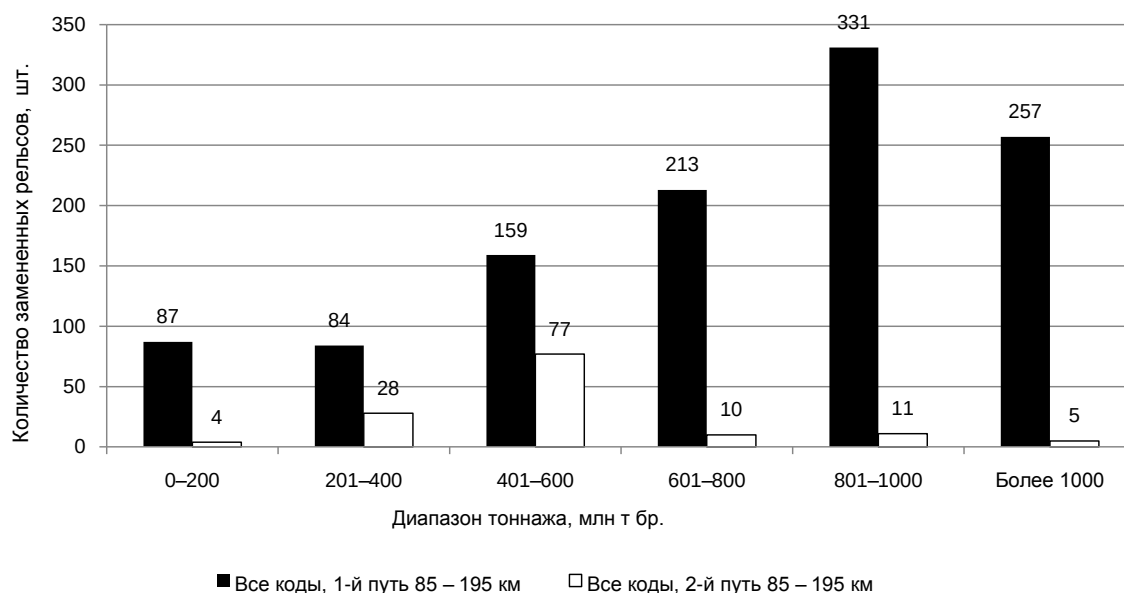


Рис. 4. Распределение отказов рельсов по диапазонам наработанного тоннажа

Выход рельсов по коду 99 (контролене-пригодные рельсы) на 1-м пути – 86 шт. (0,76 шт./км), на 2-м – 12 шт. (0,11 шт./км), что составляет около 8 % от всех отказов рельсов

(рис. 6). Данный показатель в 3,5 раза ниже, чем по коду 44.0. При этом интенсивность отказов на спуске 1-го пути в 1,3 раза выше, чем на подъеме.

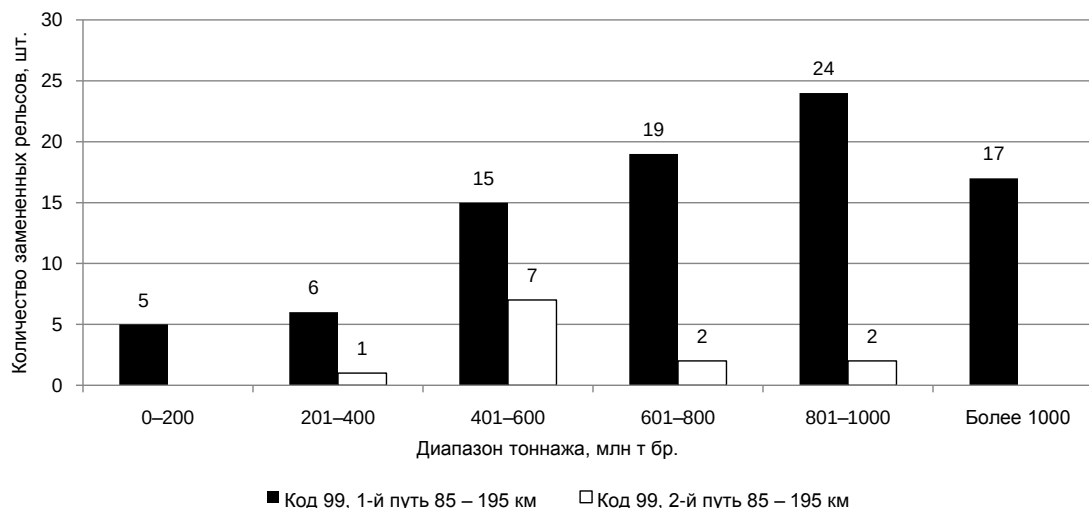


Рис. 5. Распределение отказов рельсов по коду 44.0 по диапазонам наработанного тоннажа

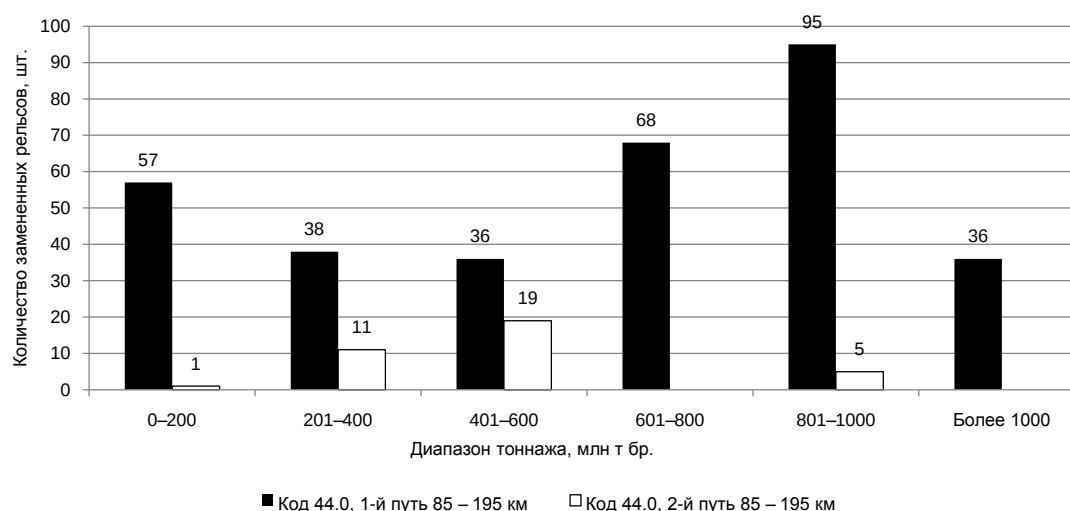


Рис. 6. Распределение отказов рельсов по коду 99 по диапазонам наработанного тоннажа

Таким образом, высокая интенсивность отказов рельсов на 1-м пути объясняется высокими грузонапряженностью и осевыми нагруз-

ками, наличием тяжеловесного движения, сложным планом линии и большой протяженностью пути со сверхнормативной наработкой тоннажа.

Библиографический список

1. Шур Е. А., Борц А. И., Абдурашитов А. Ю. Увеличить ресурс рельсов, лимитируемый их боковым износом // Путь и путевое хозяйство. 2015. Вып. 5. С. 2–9.
2. Воздействие на путь вагонов с повышенной осевой нагрузкой // В. В. Третьяков, И. Б. Петропавловская, В. О. Певзнер и др. // Вестник ВНИИЖТа. 2016. Вып. 4. С. 233–238.
3. Рославец А. А. Диагностика и мониторинг пути: современное состояние и перспективы // Путь и путевое хозяйство. 2017. Вып. 11. С. 2–5.
4. Дефекты рельсов. Классификация, каталог и параметры дефектных и остродефектных рельсов : инструкция : утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 23.10.2014 № 2499 р. М., 2015. 140 с.
5. Положение о системе ведения путевого хозяйства ОАО «РЖД» : утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 31.12.15 № 3212р. М., 2015. 93 с.
6. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути : утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 14.11.2016 № 2288р. М., 2016. 217 с.
7. Роуни М., Эберсен В. Обобщение передового опыта тяжеловесного движения: вопросы взаимодействия колеса и рельса. М. : Интекс, 2002. 139 с.

8. The Blending of Theory and Practice in Modern Rail Grinding / T. Magel, M. Roney, J. Kalousek, P. Sroba // *Fatig Fract Eng Mater Struct*. 2003. № 26 (10). P. 921–929.

9. Карпущенко Н. И., Антерейкин Е. С., Величко Д. В. Регрессионный анализ процессов нарастания износа рельсов и вероятность их безотказной работы в кривых участках пути // *Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения*. 2012. Вып. 28. С. 6–15.

10. Захаров С. М. Об управлении трением в системе колесо – рельс в условиях тяжеловесного движения // *Вестник ВНИИЖТа*. 2012. Вып. 3. С. 12–16.

11. Инструкция по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути : утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 14.12.2016 № 2544р. М., 2016. 176 с.

N. I. Karpushchenko, E. S. Antereykin, P. S. Trukhanov

Analysis of Rail Failures in the Transshipment Area with High Load Capacity

Abstract. In the course of operation in the rails there are processes of wear, head crushing, and fatigue. As a result, various damages and rail flaws are formed. The failure of the rail caused by a rail flaw, which eliminates the movement of trains, either limited to the speed of their movement.

The article considers the current status of rail failure high intensity, the necessity of rail failures systematic study in difficult operating conditions, which include sections with high load capacity and heavy-load traffic.

The conclusions are based on the results of a study conducted on the electrified section of the South Siberian railway. The study was carried out on the basis of full-scale inspection of the track using the results passage of the track measuring car, accounting forms of the rail flaws and data on the passed tonnage. In this section, a significant part of the line is located in the curves, and the gradient of the vertical alignment reaches 9 ‰. In addition, more than 60% of the way passed tonnage exceeds the established standard. The high failure rate of the rails is the reason for the presence in the line of about 700 emergency fish-plating places of the continuous welded rail track.

In the process of work, the analysis of rail failures by rail flaw codes for 110 km, depending on the freight traffic density of road section, the gradient of the vertical alignment, the passed tonnage. It is concluded that the ultra-high failure rate of the rails in the line is associated with a complex layout and profile of the track, the presence of heavy-load traffic with high axial loads and large length of sections with infringement run tonnage.

Key words: *railway track; the saddle area; a complex layout and profile; heavy-load traffic; run tonnage; high failure rate of rails.*

Карпущенко Николай Иванович – доктор технических наук, профессор кафедры «Путь и путевое хозяйство» СГУПС. E-mail: kni@stu.ru

Антерейкин Евгений Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Путь и путевое хозяйство» СГУПС. E-mail: antereykines@sgups.stu.ru

Труханов Павел Станиславович – преподаватель кафедры «Путь и путевое хозяйство» СГУПС. E-mail: pavelst07@mail.ru