

УДК 625.151.8

А.С. Базанов, С.С. Акимов

Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск, Россия

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СТРЕЛОЧНОГО ХОЗЯЙСТВА ДИСТАНЦИИ ПУТИ АЛТАЙСКОГО РЕГИОНА ИНФРАСТРУКТУРЫ

Аннотация. Статья посвящена надежности стрелочных переводов. В работе выполнена оценка надежности стрелочного хозяйства, эксплуатируемого в условиях дистанции пути Алтайского региона инфраструктуры. Для исследования применялись методы статистического анализа. Определена средняя наработка до отказа элементов стрелочных переводов, построены графики вероятности отказа и безотказной работы элементов стрелочных переводов. Определены наиболее характерные дефекты, приводящие к отказу элементов стрелочных переводов. Наибольшее количество отказов металлических частей стрелочных переводов происходит при наработке тоннажа от 101 до 150 млн. т брутто. Чаще всего происходит отказ крестовинной части (сердечника крестовины). В стрелочной части наибольшее число отказов происходит у рамных рельсов. Наибольшая наработка до первого отказа наблюдается у рамных рельсов (348,8 млн т брутто). Наиболее слабым элементом стрелочных переводов является сердечник крестовины, средняя наработка до его первого отказа составила 187,8 млн т брутто.

Ключевые слова: стрелочный перевод, стрелка, крестовина, отказы, надежность.

A.S. Bazanov, S.S. Akimov

Siberian Transport University, Novosibirsk, Russia

THE SWITCH EQUIPMENT RELIABILITY ASSESSMENT OF THE PERMANENT WAY DIVISION OF THE ALTAI REGION INFRASTRUCTURE

Abstract. The article is devoted to the reliability of turnouts. The article evaluates the reliability of the switch facilities operated in the infrastructure of the Altai region. Methods of statistical analysis were used for the study. The average operating time to failure of parts of the turnouts is determined, graphs of the probability of failure and trouble-free operation of parts of the turnouts are built. The most typical defects leading to the failure of the elements of the turnouts have been identified. The greatest number of failures of metal parts of switches occurs when the operating tonnage is from 101 to 150 million tons gross. Failure of the crosspiece part (the crosspiece core) most often occurs. In the switch part, the frame rails have the highest number of failures. The highest operating time before the first failure is observed for frame rails (348,8 million gross tons). The weakest element of the switches is the crosspiece core, the average operating time before its first failure was 187,8 million gross tons.

Keywords: turnout switch, switch, toe, reliability.

Введение

Современные тенденции развития [1] и эксплуатации железнодорожного транспорта [2], возрастающие объемы перевозок и повышение скоростей движения [3] требуют обеспечения безопасности и бесперебойности перевозочного процесса [4] при минимизации затрат на приобретение и эксплуатацию технических средств [5–9]. В этом плане среди проблем, связанных с решением этой задачи, одно из важных мест занимают вопросы надежности стрелочного хозяйства. Это объясняется тем, что в настоящее время на сети железных дорог ОАО «РЖД» эксплуатируется более 166 тысяч стрелочных переводов различных видов. Ежегодно производится замена 5,5–8,5 тысяч переводов, выработавших свой ресурс, 6–7 тысяч ремкомплектов и 5–6 тысяч крестовин. Кроме того, стрелочные переводы имеют конструктивные особенности [10,11], обуславливающие специфику взаимодействия с подвижным составом [12,13], а также высокую стоимость [14].

Данные обстоятельства свидетельствуют о необходимости управления техническим состоянием стрелочного хозяйства. Основанием для продления их жизненного цикла может служить анализ отказов и параметры надежности элементов стрелочных переводов.

Целью настоящей работы является оценка надежности стрелочного хозяйства, эксплуатируемого в условиях дистанции пути Алтайского региона инфраструктуры.

Метод исследования

Для достижения поставленной цели применялись методы статистического анализа данных об отказах элементов стрелочных переводов, произошедших в период с 2018 по 2020гг. При этом для анализа и оценки надежности стрелочного хозяйства была сделана выборка стрелочных переводов, эксплуатируемых на главных путях в однотипных условиях. К анализу были приняты стрелочные переводы проектов 2750 и 2768.

Результаты исследования

За рассматриваемый период было выявлено 104 отказа элементов стрелочных переводов. В 2018 году выявлено 29 отказов, в 2019 и 2020 годах – 37 и 38 отказов соответственно. Получен график наработки до отказа металлических частей стрелочных переводов (рис. 1), а также распределение дефектов по элементам стрелочных переводов (табл. 1).

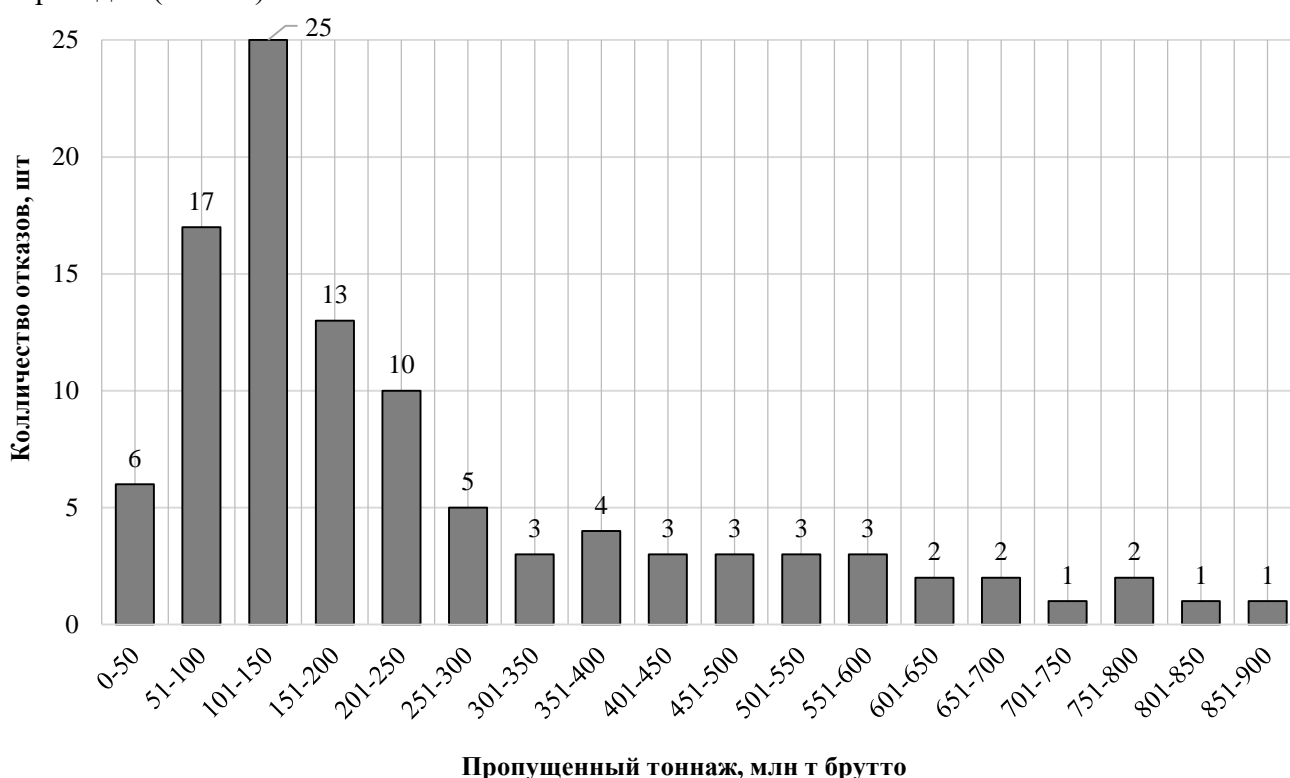


Рис. 1. Нарботка до отказа металлических частей стрелочных переводов за 2018-2020 гг.

Табл. 1. Количество отказов в элементах стрелочных переводов по кодам дефектов

Элемент стрелочного перевода	Код дефекта	Количество отказов
Сердечник	ДС 14.2	35
	ДС 30Г.2	6
	ДС 42.2	1
	ДС 60.2	1
Усовики	ДУ 12.2	1
	ДУ 14.2	26
	ДУ 20.2	1
Остряки	ДО 20.2	12
Рамные рельсы	ДР 11.2	21

Из полученных данных видно, что наибольшее количество отказов металлических частей стрелочных переводов происходит при пропущенном тоннаже от 101 до 150 млн. т. брутто (рис. 1). Чаще всего происходит отказ в крестовинной части (сердечника крестовины). Наиболее частым отказом сердечника крестовины является дефект [14] кода ДС.14.2. В стрелочной части наибольшее число отказов происходит у рамных рельсов. Наиболее частым отказом стрелочной части являются дефекты кода ДР 11.2 и ДО 20.2 [17].

Важным показателем надежности является средняя наработка до первого отказа (математическое ожидание наработки до первого отказа), определяемая по формуле (1):

$$\bar{T} = \sum_{i=1}^k \frac{t_i \cdot n_i}{N_0}, \quad (1)$$

где k – число интервалов;

t_i – значение середины интервала, млн т. брутто;

n_i – число отказов в интервале, шт.;

N_0 – сумма рассматриваемых объектов, шт.

Для основных элементов стрелочных переводов (сердечник, усовики, остряки и рамные рельсы), эксплуатируемых в условиях дистанции пути Алтайского региона инфраструктуры, была определена средняя наработка до первого отказа.

Нарботка до первого отказа крестовины сердечника составила

$$\bar{T} = \frac{25 \cdot 3 + 75 \cdot 8 + 125 \cdot 12 + 175 \cdot 7 + 225 \cdot 5 + 275 \cdot 2 + 375 \cdot 2 + 475 \cdot 2 + 525 \cdot 1 + 775 \cdot 1}{43} = 187,8 \text{ млн т. бр.}$$

Нарботка до первого отказа усовиков составила

$$\bar{T} = \frac{25 \cdot 1 + 75 \cdot 4 + 125 \cdot 6 + 175 \cdot 4 + 225 \cdot 2 + 275 \cdot 2 + 375 \cdot 2 + 425 \cdot 2 + 475 \cdot 1 + 775 \cdot 1}{28} = 235,7 \text{ млн т. бр.}$$

Нарботка до первого отказа остряков составилла

$$\bar{T} = \frac{75 \cdot 3 + 125 \cdot 2 + 175 \cdot 1 + 275 \cdot 2 + 525 \cdot 1 + 575 \cdot 1 + 675 \cdot 1 + 825 \cdot 1}{12} = 316,7 \text{ млн т бр.}$$

Нарботка до первого отказа рамных рельсов составила

$$\bar{T} = \frac{75 \cdot 4 + 125 \cdot 5 + 225 \cdot 1 + 275 \cdot 2 + 425 \cdot 1 + 525 \cdot 1 + 575 \cdot 2 + 625 \cdot 2 + 675 \cdot 1 + 725 \cdot 1 + 875 \cdot 1}{21} = 348,8 \text{ млн т бр.}$$

Таким образом, из полученных значений очевидно, что наибольшая наработка до первого отказа наблюдается у рамных рельсов. Наиболее слабым элементом стрелочных переводов является сердечник крестовины. Средняя наработка до его отказа составила 187,8 млн т брутто.

По мере увеличения наработки возрастает число отказавших элементов и убывает соответственно число работоспособных. Доля работоспособных стрелочных переводов $\bar{P}(t_i)$ на момент t_i по отношению к находящимся под наблюдением N_0 (накопленная частота безотказной работы) определяется выражением (2):

$$\bar{P}(t_i) = \frac{N(t_i)}{N_0}, \quad (2)$$

где $N(t_i)$ – накопленное число работоспособных стрелочных переводов, шт.

Аналогично соответствующая доля отказавших стрелочных переводов (накопленная частота отказов) определится из отношения (3):

$$F(t_i) = \frac{r(t_i)}{N_0}, \quad (3)$$

где $r(t_i)$ – накопленное число отказавших стрелочных переводов, шт.

По вышеуказанным отношениям были построены графики вероятности отказов и вероятности безотказной работы элементов стрелочных переводов (рис. 2).

Из рис. 2 видно, что вероятность безотказной работы до пропуска 100 млн т бр. относительно одинаковая, после начинает существенно отличаться. Наибольшая продолжительность высокой вероятности безотказной работы наблюдается у рамных

рельсов, а наименьшая у сердечника крестовины.

Выводы

Полученные результаты исследований свидетельствуют о необходимости повышения надежности и увеличения ресурса элементов стрелочных переводов, разработки новых усиленных конструкций крестовин, внедрение усовершенствованных технологий упрочнения, продления сроков службы, ремонтов и повторного использования узлов стрелочных переводов.

Полученные результаты могут быть использованы работниками путевого комплекса, в т.ч. дистанций пути для управления техническим состоянием стрелочного хозяйства и разработки мероприятий для увеличения срока службы элементов стрелочных переводов.

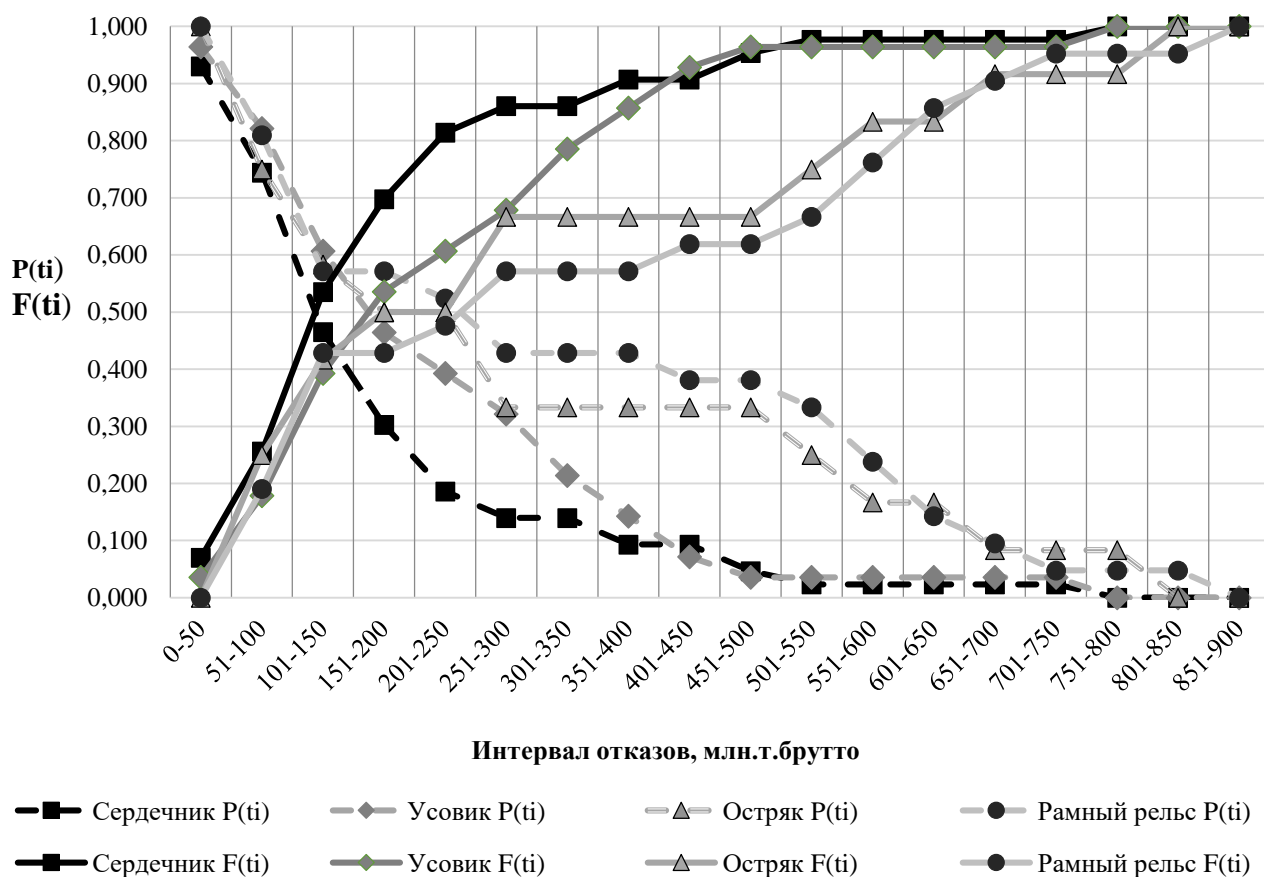


Рис. 2. Вероятность отказов $F(t_i)$ и вероятность безотказной работы $P(t_i)$ частей стрелочных переводов

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стратегия научно-технологического развития холдинга «РЖД» на период до 2025 года и на перспективу до 2030 года (Белая книга) [Электронный ресурс] : Распоряжение ОАО «РЖД» от 17.04.2018 № 769/р. Режим доступа: <https://www.irgups.ru>.
2. Косенко С.А., Исмагулова С.О., Сулова Т.М. Новая структура ведения путевого хозяйства на железных дорогах Казахстана // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2012. № 6. С. 39–41.
3. Ауесбаев Е.Т., Исаенко Э.П., Косенко С.А. Расчеты конструкций железнодорожного пути для скоростного движения поездов. Алматы. 2006. 136 с.
4. Противодеформационное укрепление основной площадки железнодорожного земляного полотна методом холодной регенерации (ресайклинг) на участках обращения тяжеловесных поездов : отчет / С.С. Акимов [и др.]. Новосибирск. 2020. 289 с.
5. Kosenko S. Akimov S.: Design of track structure for corridors of heavy-train traffic. MATEC Web of Conferences, 239, 27 November (2018), 05005,

doi:10.1051/mateconf/201823905005.

6. Косенко С.А., Богданович С.В., Акимов С.С. Проектирование путевого развития станций и выбор конструкций верхнего строения пути для тяжеловесного движения поездов // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2018. № 4 (47). С. 21-29.

7. Косенко С.А. Совершенствование системы ведения рельсового хозяйства на магистральных железных дорогах Республики Казахстан: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Алматы, КазАТК, 2007. – 288 с.

8. Akimov S., Kosenko S., Bogdanovich S. Stability of the supporting subgrade on the tracks with heavy train movement // Adv. Intell. Syst. Comput. VIII Int. Sci. Sib. Transp. Forum TransSiberia 2019, Vol. 2. Vol. 1116, January (2020), pp. 228-236, doi10.1007/978-3-030-37919-3_22.

9. Косенко С.А., Котова И.А., Акимов С.С. Техничко-экономическое обоснование устройства защитных подбалластных слоев из грунтобетона при тяжеловесном движении поездов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 1. С. 161–174.

10. Косенко С.А., Монастырский А.Д., Алимкулов М.М. Альбом чертежей верхнего строения пути : учебно-методическое пособие. Алматы : КазАТК, 2015. 318 с.

11. Косенко С.А. Верхнее строение пути : учебно-методическое пособие. Алматы : КазАТК, 2014. 366 с.

12. Соколов, О.М. Мониторинг эксплуатационной работы дифференцированно термоупрочненных рельсов на Западно-Сибирской железной дороге / О.М. Соколов, С.А. Косенко, С.С. Акимов // Транспортная инфраструктура Сибирского региона материалы VIII междунар. науч.-практ. конф. Иркутск изд-во ИрГУПС. 2017. С. 473–478.

13. Эксплуатационные измерения напряжений в рельсе при воздействии подвижного состава / С.А. Косенко, М.Я. Квашнин, И.С. Бондарь, С.С. Акимов // Известия Транссиба. – 2017. – № 2 (30). – С. 133-145.

14. Косенко С.А., Акимов С.С. Богданович С.В., Соколовский И.К. Оценка стоимости жизненного цикла верхнего строения пути для различных ремонтных схем и промежуточных рельсовых скреплений // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2020. № 2 (53). С. 92–100.

15. Уразбеков А.К., Косенко С.А. Техническая диагностика и неразрушающий контроль железнодорожных рельсов : учебное пособие. – Алматы. 2008. 196 с.

16. Инструкция «Дефекты рельсов. Классификация, каталог и параметры дефектных и острodefектных рельсов» : утв. распоряжением ОАО «РЖД» 23.10.14 № 2499р. М. 140 с.

17. Косенко, С.А. Оценка влияния промежуточных скреплений на интенсивность износа рельсов в кривых / С.А. Косенко, С.С. Акимов // Инновационные факторы развития транспорта. Теория и практика материалы междунар. науч.-практ. конф. в 3 ч. Ч. 1. – Новосибирск изд-во СГУПС. 2018. С. 32–40.

REFERENCES

1. Strategiya nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya kholdinga «RZHD» na period do 2025 goda i na perspektivu do 2030 goda (Belaya kniga): Rasporyazheniye ОАО «RZHD» ot 17.04.2018 № 769/r. Rezhim dostupa:<https://www.irgups.ru>.

2. Kosenko S.A., Ismagulova S.O., Suslova T.M. Novaya struktura vedeniya putevogo khozyaystva na zheleznykh dorogakh Kazakhstana // Vestnik nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta. 2012. № 6. Pp. 39–41.

3. Auyesbayev Ye.T., Isayenko E.P., Kosenko S.A. Raschety konstruktsiy zheleznodorozhnogo puti dlya skorostnogo dvizheniya poyezdov. Almaty. 2006. 136 p.

4. Protivodeformatsionnoye ukrepleniye osnovnoy ploshchadki zheleznodorozhnogo zemlyanogo polotna metodom kholodnoy regeneratsii (resaykling) na uchastkakh obrashcheniya tyazhelovesnykh poyezdov : otchet / S.S. Akimov [i dr.]. Novosibirsk. 2020. 289 p.

5. Kosenko S. Akimov S.: Design of track structure for corridors of heavy-train traffic. MATEC Web of Conferences, 239, 27 November (2018), 05005, doi:10.1051/mateconf/201823905005.

6. Kosenko S.A., Bogdanovich S.V., Akimov S.S. Designing gridiron station for heavy railway traffic organization // The Siberian Transport University Bulletin. 2018. № 4 (47). Pp. 21-29.

7. Kosenko S.A. Sovershenstvovaniye sistemy vedeniya rel'sovogo khozyaystva na magistral'nykh zheleznikh dorogakh Respubliki Kazakhstan: dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni doktora tekhnicheskikh nauk. Almaty, KazATK, 2007. – 288 p.

8. Akimov S., Kosenko S., Bogdanovich S. Stability of the supporting subgrade on the tracks with heavy train movement // Adv. Intell. Syst. Comput. VIII Int. Sci. Sib. Transp. Forum TransSiberia 2019, Vol. 2. Vol. 1116, January (2020), pp. 228-236, doi10.1007/978-3-030-37919-3_22.

9. Kosenko S.A., Kotova I.A., Akimov S.S. Feasibility studies of protective sub-ballast soil-cement layers at heavy-train traffic // Journal of Construction and Architecture. 2021. T. 23. № 1. Pp. 161–174.

10. Kosenko S.A., Monastyrskiy A.D., Alimkulov M.M. Al'bom chertezhey verkhnego stroyeniya puti : uchebno-metodicheskoye posobiye. Almaty : KazATK, 2015. 318 sp.

11. Kosenko S.A. Verkhneye stroyeniye puti : uchebno-metodicheskoye posobiye. Almaty : KazATK, 2014. 366 p.

12. Sokolov O.M. Monitoring ekspluatatsionnoy raboty differentsirovanno termouprochnennykh rel'sov na Zapadno-Sibirskoy zheleznoy doroge / O.M. Sokolov, S.A. Kosenko, S.S. Akimov // Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona materialy VIII mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Irkutsk izd-vo IrGUPS. 2017. Pp. 473–478.

13. Field Measurements of rail stresses under the influence of the rolling stock / S.A. Kosenko, M.YA. Kvashnin, I.S. Bondar', S.S. Akimov // Journal of Transsib Railway Studies. – 2017. № 2 (30). Pp. 133-145.

14. Kosenko S.A., Akimov S.S. Bogdanovich S.V., Sokolovskiy I.K. Life cycle cost estimation of the permanent way for various schemes and rail fastenings // The Siberian Transport University Bulletin. 2020. № 2 (53). Pp. 92–100.

15. Urazbekov A.K., Kosenko S.A. Tekhnicheskaya diagnostika i nerazrushayushchiy kontrol' zheleznodorozhnykh rel'sov : uchebnoye posobiye. – Almaty. 2008. 196 p.

16. Instruktsiya «Defekty rel'sov. Klassifikatsiya, katalog i parametry defektnykh i ostrodefektnykh rel'sov» : utv. rasporyazheniyem OAO «RZHD» 23.10.14 № 2499r. M. 140 s.

17. Kosenko, S.A. Otsenka vliyaniya promezhutochnykh skrepleniy na intensivnost' iznosa rel'sov v krivykh / S.A. Kosenko, S.S. Akimov // Innovatsionnyye faktory razvitiya transporta. Teoriya i praktika materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. v 3 ch. CH. 1. – Novosibirsk izd-vo SGUPS. 2018. Pp. 32–40.

Информация об авторах

Базанов Артем Сергеевич – студент факультета «Строительство железных дорог», Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск, e-mail: zudilovo232011@gmail.com

Акимов Сергей Сергеевич – преподаватель кафедры «Путь и путевое хозяйство», Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск, e-mail: ak_s_s@mail.ru

Authors

Bazanov Artem Sergeevich – student of the faculty « Railway construction », Siberian Transport University, Novosibirsk, e-mail: zudilovo232011@gmail.com

Akimov Sergey Sergeevich – teacher of the department «Track and track facilities», Siberian Transport University, Novosibirsk, e-mail: ak_s_s@mail.ru

Для цитирования

Базанов А.С., Акимов С.С. Оценка надежности стрелочного хозяйства дистанции пути Алтайского региона инфраструктуры / А.С. Базанов, С.С. Акимов // «Молодая наука Сибири»: электрон. науч. журн. – 2021. - № 2(12). – Режим доступа: <http://mnv.irgups.ru/toma> свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

For citation

Bazanov A.S., Akimov S.S. *Otsenka nadezhnosti strelochnogo distantsii puti Altayskogo regiona infrastruktury obsluzhivaniya* [The switch equipment reliability assessment of the permanent way division of the Altai region infrastructure] / A.S. Bazanov, S.S. Akimov // «Young Science of Siberia»: electron. scientific journals – 2021. - № 2(12). – Access mode: <http://mnv.irgups.ru/toma/> free. - Title from the screen. - Yaz. Rus.