

Е. А. Садырин ¹

¹ Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЛЯ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕЛЬСОВЫХ СКРЕПЛЕНИЙ

Аннотация. Рельсовые скрепления имеют основополагающее значение для безопасной работы железнодорожного пути, они обеспечивают стабильность ширины колеи, помогают улучшить геометрию рельсовой колеи, надежность эксплуатации и понизить эксплуатационные затраты. Одна из основных причин появления дефектов рельсовых скреплений, являются горизонтальные и поперечные силы, направленные от подвижного состава на рельсы при движении поездов в кривых участках пути. В зависимости от радиуса кривого участка и его грузонапряженности, общее число возникающих неисправностей на соответствующих участках могут отличаться, исходя из этого было решено произвести сравнительный анализ с помощью метода прогнозирования, который продемонстрировал тенденцию возникновения дефектов рельсовых скреплений. Для исследований были использованы результаты генеральных осмотров в период с 2013-2018 год на 3 и 2 пути перегона Мегет-Батарейная ВСЖД.

Ключевые слова: прогнозирование, сравнительный анализ, рельсовые скрепления.

Е. А. Sadyrin ¹

¹ Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

THE FORECASTING METHOD IN COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CONDITION OF THE RAIL FASTENING SYSTEM

Abstract. Rail fastenings are fundamental to the safe operation of a railway track. They provide a fixed track gauge, help to improve track geometry, reliable operation and lower operating costs.

One of the main reasons why defects appear in rail fastenings is the horizontal and lateral forces directed from the rolling stock to the rails when the trains move in the curved sections of the track. Depending on the radius of the curved section and its load capacity, the total number of malfunctions in the sections may differ. We conducted a comparative analysis demonstrating the aforementioned tendency using the forecasting method. For the research, we used the results of general inspections over the period 2013-2018 on the second and third routes of the Meget-Battery railroad of the East Siberian Railway

Keywords: forecasting, comparative analysis, rail fasteners.

Введение

Рельсовое скрепление является одним из основополагающих элементов верхнего строения пути, в связи с постоянно увеличивающимися нагрузками, действующими на путь, и увеличением общего грузопотока. Проблеме изучения появления неисправностей скреплений уделяется пристальное внимание. Одной из причин их возникновения могут являться вертикальные и поперечные силы, возникающие в результате действия поездов, в частности при движении в кривых участках пути. В соответствии с радиусом кривой, число дефектов рельсовых скреплений может отличаться.

Все элементы верхнего строения пути под воздействием нагрузок аккумулирует дефекты и деформации. При соответствующем выполнении профилактических работ большую часть из них можно исправить, но для более качественного определения состояния пути

необходимо произвести статистический анализ, который выявил бы наиболее проблематичные участки железнодорожного пути.

В работе используются статистические данные по перегону Мегет – Батарейная Иркутск-Сортировочной дистанции пути. Наиболее подходящими для сравнения оказались II и III главные пути, так как количество кривых на протяжении всего участка совпадают

Общий анализ неисправностей рельсовых скреплений

II путь относится к 1 классу, группы А, 3 категории (1/А/3), установленная скорость пассажирских и грузовых поездов составляет 100/80 км/ч соответственно, средняя грузонапряженность 125.65 млн. т/км. брутто в год. Минимальный радиус кривых 629 м. На всем участке преобладает тип скреплений КБ-65.

III путь относится к 3 классу главных путей, группы Д, 5 категории (3/Д/5), установленная скорость пассажирских и грузовых поездов составляет 0/60 км/ч, средняя грузонапряженность 5.9 млн. т/км. брутто. Минимальный радиус кривых 285 м. На участке присутствуют несколько видов скреплений: КБ-65, ЖБР-65, ЖБР-65Ш.

Основными изъянами клеммно-болтового соединения считаются его многодетальность, материалоемкость, и объемное количество болтов (16 тыс. болтов на километр). Степень натяжения болтов достаточно быстро ослабевает, из-за чего требуется постоянное наблюдение и проверка, подтяжка и смазка.

Бесподкладочные упругие нераздельные скрепления ЖБР-65 с прутковой клеммой обладают большей, чем у КБ, стабильностью натяжения болтов. Изъянами таких скреплений является большая трудоемкость при сборке рельсошпальной решетки и малая стабильность ширины колеи в кривых.

По результатам проведенных генеральных комиссионных осмотров за период с 2013 по 2018 годы, был произведен анализ неисправностей элементов рельсовых скреплений на анализируемом участке. Результаты анализа представлены на рис. 1.

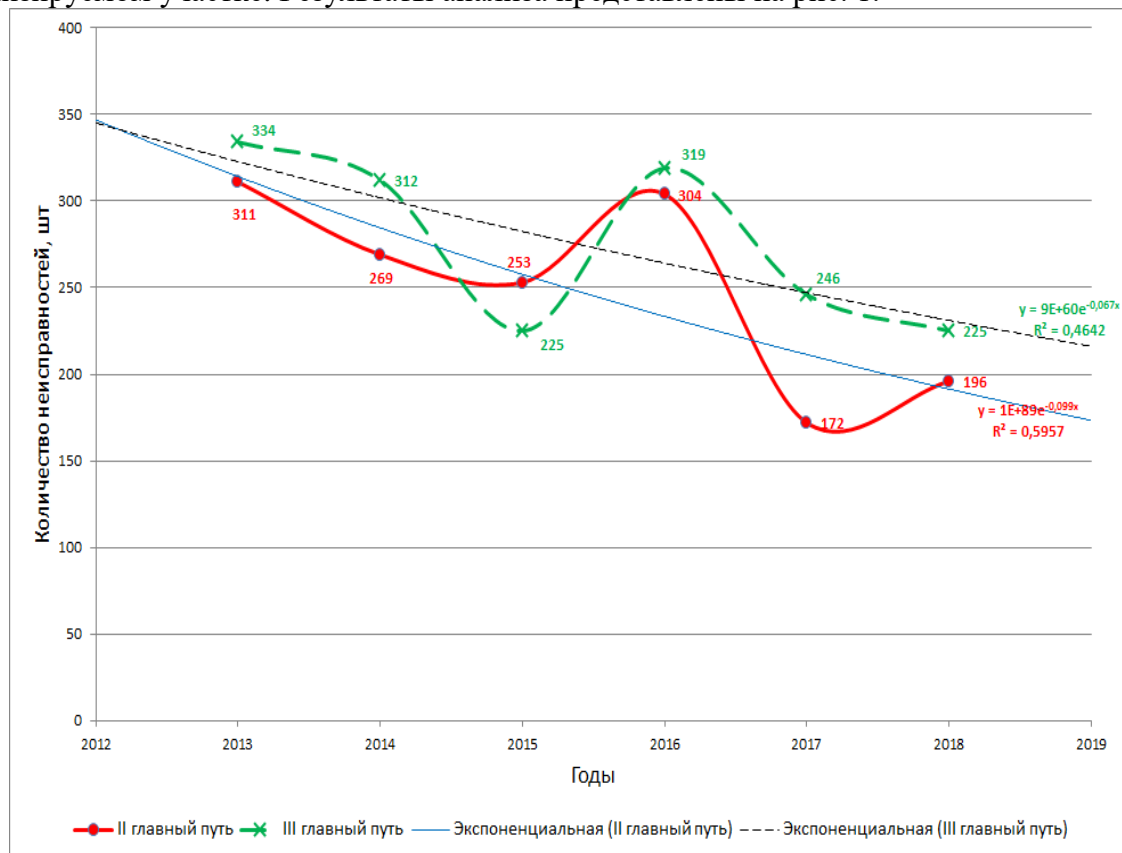


Рис. 1. Количество неисправностей рельсовых скреплений на перегоне Мегет – Батарейная за 2013 – 2018 годы

Из проведенного анализа следует, что на неисправности рельсовых скреплений пришлось 3 538 случаев возникновения дефектов, то есть около 52% от общего числа всех неис-

правностей. Из них на III главном пути зафиксирован – 1 681 случай, на II пути – 1 505. В среднем на пути процент негодных скреплений на 1 км составил 10-14 %. Также можно сделать вывод, что несмотря на меньшую грузонапряженность и меньший поездопоток, количество неисправностей рельсовых скреплений на III пути станции Мегет – Батарейная превышает показатели по II пути. Наиболее часто возникающими неисправностями на 2018 год (весна) являются: ослабленные клеммные болты (11%), отсутствующие закладные болты (7%), ослабленные закладные болты (5%), дефектные прокладки (10%), негодные подрельсовые прокладки (6%), изломанные подкладки (5%), отсутствующие клеммные болты (4%), дефектные шурупы (3%), дефектные элементы скреплений (10%).

Оценка состояний и прогноза службы рельсовых скреплений

Для оценки состояния и прогноза службы рельсовых скреплений была применена методика, представленная в руководящих документах [1, 2].

Надежность есть качество ВСП осуществлять поставленные функции (пропускать поезда), не изменяя эксплуатационные характеристики в необходимых пределах в ходе требуемых этапов времени или наработки в млн т брутто.

Вероятность безотказной работы за время или наработку t :

$$P(t) = P(T > t), \quad (1)$$

где t – данное значение наработки;

T – наработка до первого отказа.

Функция распределения наработки до отказа $F(t)$ есть вероятность отказа (ГОСТ 27.002-2015 [Ошибка! Источник ссылки не найден.]). Стабильная работа и отказ в течение времени t образуют полную группу событий, поэтому

$$P(t) + F(t) = 1. \quad (2)$$

Плотность вероятности наработки до отказа:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = -\frac{dP(t)}{dt} \quad (3)$$

Из формулы (3) можно сделать вывод, что величина $f(t)dt$ считает вероятность $dF(t)$ отказа объекта:

$$F(t) = \int_0^t f(t)dt. \quad (4)$$

Зная закон распределения t , можно рассчитать математическое ожидание наработки ВСП до первого отказа m_t или среднюю наработку до отказа T_{cp} :

$$m_t = T_{cp} = \int_0^{\infty} P(t)dt = \int_0^{\infty} tf(t)dt. \quad (5)$$

По статистическим данным T_{cp} рассчитывается по формуле

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{N_0} t_i}{N_0}, \quad (6)$$

где N_0 – количество испытываемых образцов.

Оценка стойкости и надежности рельсовых скреплений по результатам проведенных испытаний

Используя данные об отказах элементов в функции наработки тоннажа t_i с применением интегральной функции нормального распределения (нормированной и центрирован-

ной) возможно произвести расчеты надежности рельсовых креплений **Ошибка! Источник ссылки не найден.**

$$F_0(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{x^2}{2}} dx. \quad (7)$$

Переменное значение этой функции

$$x = (t_i - T_{cp}) / \sigma_t,$$

где T_{cp} и σ_t – среднее значение и среднее квадратическое отклонение наработки до отказа элементов креплений, млн т бр.

Количество отказов элементов рельсовых креплений типов КБ-65 и ЖБР-65, определялась на основании статистических данных об отказах элементов в процессе их эксплуатации, приведена в таблице 1 [4, 5].

Таблица 1

Результаты определения частоты отказов элементов креплений в зависимости от наработки тоннажа

Тип крепления	Наработанный тоннаж, млн т. бр.	Элементы креплений					
		клеммный болт	клемма	подрельсовая прокладка	подкладка	нашпальная прокладка	закладной болт
1	2	3	4	5	6	7	8
КБ-65	200	0,2	0,2	0,2	0,5	0,3	0,3
	400	0,8	0,5	1,5	1,5	2,0	1,0
	600	1,3	1,0	3,0	5,0	6,0	2,0
	800	1,8	1,5	5,0	7,0	8,0	4,0
ЖБР-65	200		0,3			0,4	0,5
	400		0,5			3,0	2,0
	600		1,0			7,0	5,0
	800		1,8			10,0	7,0

Заключение

После определения параметров нормального распределения T_{cp} и σ_t и вероятности безотказной работы $P_i(t)$ отдельных элементов креплений переходят к определению вероятности безотказной работы узлов креплений. Для этой цели собирают логические структурные схемы оценки надежности креплений КБ-65, ЖБР-65.

Прекращение работы узла креплений у подкладочного крепления КБ-65 случится тогда, когда выйдут из строя обе параллельные ветви цепи элементов прикрепителей. У бесподкладочных креплений ЖБР-65 отказ узла креплений наступит при нарушении работы любого из его элементов.

Проанализировав полученные данные установлено, что вероятность безотказной работы выше у крепления типа КБ-65, а наименьшая у крепления типа ЖБР-65 (рис. 2).

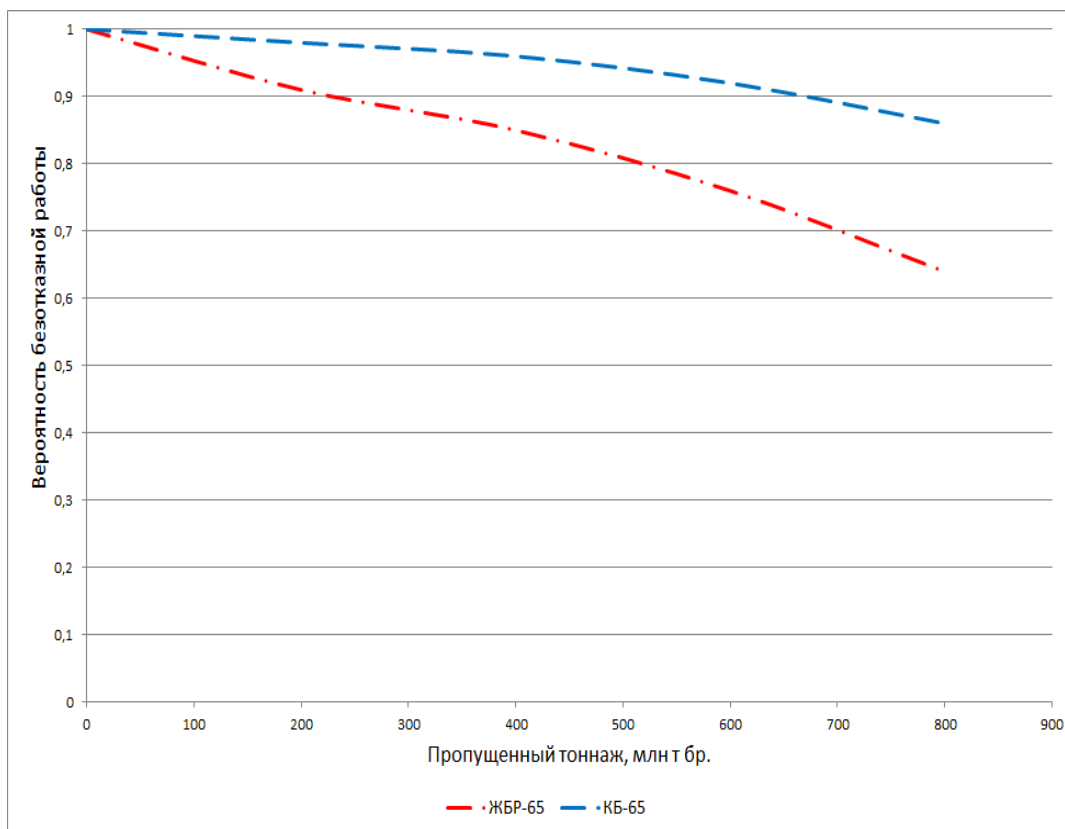


Рис. 2. Вероятность безотказной работы рельсовых скреплений

Причиной такого результата является то, что подкладки скрепления КБ-65 повторяют работу клеммных и закладных болтов и цепи этих элементов являются резервированными. Немаловажное значение имеет качество изготовления элементов скреплений, особенно упругих клемм и прокладок [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. РД 50-690-89. Руководящий документ по стандартизации. Методические указания. Надежность в технике. Методы оценки показателей надежности по экспериментальным данным. – Взамен ГОСТ 27.504–84; введ. 01.01.1991. – Москва: Изд-во стандартов, 1990. – 136 с.
2. РД 50-204-87. Руководящий документ по стандартизации. Методические указания. Надежность в технике. Сбор и обработка информации о надежности изделий в эксплуатации. Основные положения. – Москва: Изд-во стандартов, 1987. – 14 с.
3. ГОСТ 27.002-2015.. – Взамен ГОСТ 27.002-89 Межгосударственный стандарт. Надежность в технике. Термины и определения; введ. 01.03.2017. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 28 с.
4. Ковенькин Д.А. Промежуточные скрепления на горно-перевальном участке [Текст] / Д.А. Ковенькин, Л.С. Дюндик, Р.С. Купко // «Путь и путевое хозяйство» № 6 2014 г. Научно-популярный производственно-технический журнал – Москва, ОАО РЖД, - С. 2-7.
5. Долговечность электроизолирующих свойств элементов скреплений железобетонных шпал / В.И. Шамапов, И.Н. Шевердин, Е.Г. Солдатенков, Ю.А. Трофимов, А.В. Пулятков // Железнодорожный транспорт. 2008. – № 10. С. 56-59.
6. Ковенькин Д.А. Технология механизированного содержания горно-перевального участка Слюдянской дистанции пути [Текст] / Д.А. Ковенькин, Р.С. Купко, О.В. Хаюк, В.А. Подвербный // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – Иркутск: Изд-во ИрГУПС. – 2014. – № 1 (41). – С. 186–192.

REFERENCES

1. RD 50-690-89. Rukovodyashchiy dokument po standartizatsii. Metodicheskiye ukazaniya. Nadezhnost' v tekhnike. Metody otsenki pokazateley nadezhnosti po eksperimental'nym dannym. [Standardization Guidance Document. Methodical instructions. Reliability in technology. Methods for assessing reliability indicators from experimental data]. - Instead of GOST 27.504–84; enter 01/01/1991. - Moscow: Publishing house of standards, 1990. - 136 p.
2. RD 50-204-87. Rukovodyashchiy dokument po standartizatsii. Metodicheskiye ukazaniya. Nadezhnost' v tekhnike. Sbor i obrabotka informatsii o nadezhnosti izdeliy v ekspluatatsii. [Standardization Guidance Document. Methodical instructions. Reliability in technology. Collection and processing of information on the reliability of products in operation.] The main provisions. - Moscow: Publishing house of standards, 1987. - 14 p
3. GOST 27.002-2015. Mezhgosudarstvennyy standart. Nadezhnost' v tekhnike. Terminy i opredeleniya [Interstate standard. Reliability in tech. Terms and Definitions]. - Instead of GOST 27.002-89; enter 03/01/2017. - Moscow: Standartinform, 2016. -- 28 p.
4. Kowenkin D.A. Promezhutochnyye skrepleniya na gorno-pereval'nom uchastke [Intermediate fastenings on the rail mountain pass] / D.A. Covenkin, L.S. Dyundik, R.S. Kupko // Put' i putevoye khozyaystvo ["Railway track and track facilities"] No. 6 of 2014. Popular science production and technical journal - Moscow, Russian Railways, - P. 2-7.
5. Dolgovechnost' elektroizoliruyushchikh svoystv elementov skrepleniy zhelezobetonnykh shpal [The durability of the electrical insulating properties of the elements of rods of concrete sleepers] / V.I. Shamanov, I.N. Sheverdin, E.G. Soldatenkov, Yu.A. Trofimov, A.V. Pulyakov // Railway transport. 2008. - No. 10. P. 56-59.
6. Kowenkin D.A. Tekhnologiya mashinizirovannogo sodержaniya gorno-pereval'nogo uchastka Slyudyanskoy distantsii puti [Technology of the mechanized maintenance of the mountain-pass section of the Slyudyansk distance of the track [Text]] / D.A. Covenkin, R.S. Kupko, O.V. Hayuk, V.A. Pidrebny // Modern technologies. System analysis. Modeling. - Irkutsk: Publishing house of IrGUPS. - 2014. - No. 1 (41). - S. 186–192.

Информация об авторах

Садырин Егор Александрович - аспирант кафедры «Путь и путевое хозяйство», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: sadyrinegor1995@gmail.com

Authors

Egor Aleksandrovich Sadurin – graduate student, the Subdepartment of Railway track and Track facilities, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: sadyrinegor1995@gmail.com

Для цитирования

Садырин Е.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЛЯ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕЛЬСОВЫХ СКРЕПЛЕНИЙ [Электронный ресурс] / Е.А. Садырин // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. – 2020. - № 2(8). – Режим доступа: <http://mnv.irkups.ru/toma/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

For citation

Sadyrin E.A. THE FORECASTING METHOD IN COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CONDITION OF THE RAIL FASTENING SYSTEM [Electronic resource] / E. A. Sadyrin // "Young science of Siberia": electron. scientific journal – 2020. – № 2(8). – Access mode: <http://mnv.irkups.ru/toma/>, free. – Zagl. from the screen. – Yaz. Russian, English.