

Ситуационный анализ безотказности локомотивов на Дальневосточной железной дороге

А.К. Пляскин¹, В.А. Бутусова², А.С. Кушнирук^{3✉}

^{1,2,3} Дальневосточный государственный университет путей сообщения (ДВГУПС); г. Хабаровск, Россия

¹ loc@festu.khv.ru

² net@festu.khv.ru

³ alexey.kushniruk@mail.ru✉

АННОТАЦИЯ

В условиях эксплуатации локомотивного парка используется планово-предупредительная система технического обслуживания (ТО) и текущего ремонта локомотивов, на основании которой осуществляется управление безотказностью путем регулирования норм межремонтных пробегов. Регулирование норм межремонтных пробегов проводится для оптимизации рисков отказа локомотивов в пути следования, таким образом устроена система управления безотказностью локомотивного парка. Условия регулирования норм межремонтных пробегов локомотивов ограничены внутренними нормативными актами компании монополиста (ОАО «РЖД») и принимают дискретные значения не более чем 20 % установленных значений. Зачастую регулирование норм межремонтных пробегов локомотивов осуществляется только в сторону увеличения из-за попыток снизить затраты на обслуживание и ремонт. Однако такой подход не учитывает возможность увеличения затрат за счет последствий отказа в пути следования и непланового ремонта, что характеризует безотчетность принятия данного решения, что является актуальной проблемой локомотивного комплекса.

Представлена статистика отказов узлов локомотивов по укрупненным группам оборудования согласно форме ТО-15 «Отчет о неплановом ремонте локомотивов» на Дальневосточной железной дороге, используются методы ситуационного анализа отказов локомотивов.

В результате ситуационного анализа отказов локомотивов установлены лимитирующие (нормы межремонтных пробегов) группы узлов локомотивов, определены этапы решения вопроса безотчетности принимаемых решений в условиях оптимизации норм межремонтных пробегов локомотивов.

Ценность полученных результатов заключается в возможности совершенствования системы управления безотказностью локомотивов — системы ТО и ремонта в области принятия решения о градиенте оптимизации норм межремонтных пробегов.

Ключевые слова: локомотивы; ремонт; безотказность; управление; нормы; межремонтный пробег; риски; отказ

Для цитирования: Пляскин А.К., Бутусова В.А., Кушнирук А.С. Ситуационный анализ безотказности локомотивов на Дальневосточной железной дороге // Техник транспорта. 2023. Т. 4. Вып. 2. С. 215–218. <https://doi.org/10.46684/2687-1033.2023.2.215-218>.

Original article

Situation analysis of locomotive reliability on the Far Eastern railway

Artyom K. Plyaskin¹, Valeria A. Butusova², Aleksey S. Kushniruk^{3✉}

^{1,2,3} Far Eastern State Transport University (FESTU); Khabarovsk, Russian Federation

¹ loc@festu.khv.ru

² net@festu.khv.ru

³ alexey.kushniruk@mail.ru✉

ABSTRACT

Under the operating conditions of the locomotive fleet, a preventive maintenance and current repair system for locomotives is used, on the basis of which reliability is managed by regulating the norms of overhaul runs. Regulation

of the norms of overhaul runs is carried out to optimize the risks of failure of locomotives along the route, thus the system for managing the reliability of the locomotive fleet is arranged. The conditions for regulating the norms of overhaul runs of locomotives are limited by the internal regulations of the monopoly company (JSC Russian Railways) and take discrete values of no more than 20 % of the established values. Often, the regulation of the norms of overhaul runs of locomotives is carried out only in the direction of increase due to attempts to reduce the cost of maintenance and repair. However, this approach does not take into account the possibility of increasing costs due to the consequences of a failure along the route and unscheduled repairs, which characterizes the lack of accountability in making such a decision, which is undoubtedly an urgent problem for the locomotive complex.

The article presents the statistics of failures of locomotive units for enlarged groups of equipment according to the form TO-15 "Report on unscheduled repair of locomotives" for the Far Eastern Railway and uses methods for situational analysis of locomotive failures.

As a result of a situational analysis of locomotive failures, limiting (overhaul run norms) groups of locomotive units were established, the stages for resolving the issue of the lack of accountability of decisions made under the conditions of optimization of locomotive run overhaul norms were determined.

The value of the results obtained lies in the possibility of improving the system for managing the reliability of locomotives — the system of maintenance and repair in the field of decision-making on the gradient of optimizing the norms of overhaul runs.

Keywords: locomotives; repair; reliability; management; norms; overhaul runs; risks; failure

For citation: Plyaskin A.K., Butusova V.A., Kushniruk A.S. Situation analysis of locomotive reliability on the Far Eastern railway. *Transport technician: education and practice*. 2023;4(2):215-218. (In Russ.). <https://doi.org/10.46684/2687-1033.2023.2.215-218>.

ВВЕДЕНИЕ

Вопрос безотказности локомотивного парка за последние 15 лет является предметом дискуссии на предприятиях железнодорожного транспорта, в научно-исследовательских институтах и университетах. Несмотря на реформацию структуры эксплуатации и ремонта локомотивов с каждым годом статистика отказов показывает отрицательную динамику. На железнодорожном транспорте используется планово-предупредительная система технического обслуживания (ТО) и ремонта локомотивов, в условиях которой реализуется управление показателями безотказности путем регулирования норм межремонтных пробегов на основании распоряжения ОАО «РЖД» № 2796р¹. С целью экономии средств на обслуживание и ремонт локомотивов регулирование (оптимизация) норм межремонтных пробегов зачастую осуществляется в сторону увеличения, однако такой подход необоснован, ввиду того что увеличивается риск возникновения отказа и его последствия могут превысить стоимость плановых ремонтных операций².

Для решения данной проблемы необходимо произвести реинжиниринг системы оптимизации норм межремонтных пробегов и определиться со

стратегией принятия решения по изменению градиента регулирования с учетом экономической целесообразности [1].

АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОТКАЗНОСТЬЮ ЛОКОМОТИВОВ

На первом этапе следует выделить группы узлов, лимитирующие нормы межремонтных пробегов. Для выполнения этой задачи используем диаграмму Парето распределения отказов локомотивов (рис. 1, 2).

Из рис. 1, 2 видно, что к укрупненным группам оборудования, лимитирующим нормы межремонтных пробегов, как у электропоездов, так и у тепловозов, можно отнести тяговые электродвигатели. Соответственно оптимизация норм межремонтных пробегов может проходить по видам ТО и текущего ремонта, где производится диагностика тяговых электродвигателей [2].

Алгоритм оптимизации норм межремонтных пробегов включает выявление средней наработки до отказа для подтверждения факта необходимости регулирования норм, исследования гипотезы

¹ Распоряжение ОАО «РЖД» от 30.12.2016 № 2796р «О системе технического обслуживания и ремонта локомотивов ОАО «РЖД»». URL: <https://base.garant.ru/77688471/>

² ОСТ 32.70-96. Тепловозы. Система сбора и обработки информации о надежности с мест эксплуатации (взамен РТМ 24.040.05-79; введен 01.07.1997). СПб.: ВНИТИ; М.: ВНИИЖТ, 1997. 24 с.

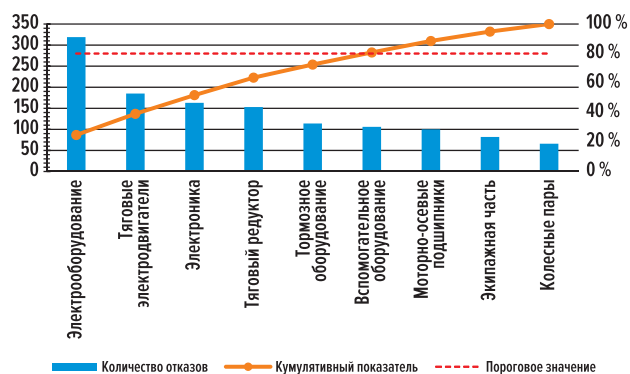


Рис. 1. Статистика отказов электровозов по причине выхода из строя их узлов и агрегатов

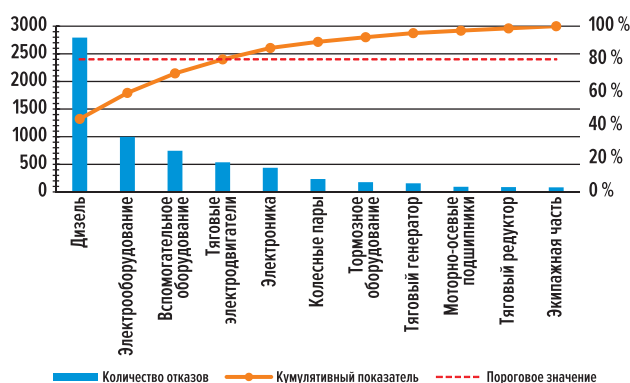


Рис. 2. Статистика отказов тепловозов по причине выхода из строя их узлов и агрегатов

о распределении отказов и определения экономической целесообразности оптимизации [3].

При установлении факта распределения отказов согласно какому-либо закону распределения осуществляется сравнение предполагаемых затрат на неплановые ремонты и затрат на оптимизированные плановые операции в различных векторах. Исходя из наименьших затрат принимается решение о направлении градиента оптимизации и количественном соотношении. Таким образом возможно совершенствовать систему управления надежностью локомотивным парком и систему ТО и ремонта, обосновав и применив алгоритм принятия решения об оптимизации норм межремонтных пробегов [4, 5].

Средняя наработка на отказ рассчитывается на основании формулы

$$m = \frac{\sum l}{\sum r}, \quad (1)$$

где $\sum l$ — сумма всех наработок до отказов, тыс. км пробега; $\sum r$ — общее количество отказов, шт.

Исследование гипотез о распределении отказов тяговых электродвигателей производится по нормальному закону в следующей последовательности.

Помимо средней наработки до отказа (математического ожидания отказа) m необходимо определить дисперсию S^2 и среднее квадратическое отклонение S наработки до отказа соответственно

$$S^2 = \frac{1}{\sum r - 1} \cdot \sum_{i=1}^x [(m - \Delta l_i)^2 \cdot \sum r(\Delta l_i)]; \quad (2)$$

$$s = \sqrt{S^2}. \quad (3)$$

Для расчета плотности распределения и определения теоретических отказов нормального распределения следует рассчитать нормированные переменные b_i по формуле

$$b_i = \frac{\Delta l_i - m}{S}. \quad (4)$$

Плотность нормированного нормального распределения $\phi(b_i)$ определяется по формуле

$$\phi(b_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{\left(-\frac{b_i^2}{2}\right)}. \quad (5)$$

Значение теоретических отказов нормального распределения $\sum r_n(\Delta l_i)$ устанавливается по формуле

$$\sum r_n(\Delta l_i) = \frac{\sum r \cdot \Delta l_i}{S} \cdot \phi(b_i). \quad (6)$$

На основании значений теоретических отказов нормального распределения возможно рассчитать принадлежность практического распределения отказов к нормальному закону по критерию Пирсона, который можно описать формулой

$$\chi^2(\Delta l_i) = \frac{(\sum r(\Delta l_i) - \sum r_n(\Delta l_i))^2}{\sum r_n(\Delta l_i)}. \quad (7)$$

В случае подтверждения закона распределения отказов устанавливается факт возможности оптимизации норм межремонтных пробегов. Исходя из наименьших затрат принимается решение о направлении градиента оптимизации и количественном соотношении.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, возможно совершенствовать систему управления надежностью локомотивным парком и систему ТО и ремонта, обосновав и применив алгоритм принятия решения об оптимизации норм межремонтных пробегов [4, 5] с учетом полученной вероятностно-статистической прогнозной модели распределения отказов и экономической эффективности данного решения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колемаев В.А., Калинина В.Н. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник / под ред. проф. В.А. Колемаева. М.: ИНФРА-М, 1997. 302 с.
2. Sturges H. The choice of a class-interval // Journal of the American Statistical Association. 1926. Vol. 21. Pp. 65–66. DOI: 10.1080/01621459.1926.10502161
3. Четвергов В.А., Пузанков А.Д. Надежность локомотивов: учебник для студентов вузов ж.-д. трансп. / под ред. В.А. Четвергова. М.: Маршрут, 2003. 413 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01002353355>
4. Plyaskin A.K., Kushniruk A.S. Actual Artificial-Intelligence based system for assessment of the technical state of the rolling stock fleet // Advances in Intelligent systems and computing. 2020. Vol. 1115. Pp. 427–442. DOI: 10.1007/978-3-030-37916-2_42
5. Чаплинский С.И. Повышение эффективности работы локомотивов // Наука и Техника Транспорта. 2007. № 2. С. 5–7.

REFERENCES

1. Kolemaev V.A., Kalinina V.N. *Probability theory and mathematical statistics: textbook / ed. by prof. V.A. Kolemaeva*. Moscow, INFRA-M, 1997;302.
2. Sturges H. The choice of a class-interval. *Journal of the American Statistical Association*. 1926;21:65-66. DOI: 10.1080/01621459.1926.10502161
3. Chetvergov V.A., Puzankov V.A. *Reliability of locomotives: textbook / ed. V.A. Chetvergova*. Moscow, Route, 2003;413. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01002353355>
4. Plyaskin A.K., Kushniruk A.S. Actual Artificial-Intelligence based system for assessment of the technical state of the rolling stock fleet. *Advances in Intelligent systems and computing*. 2020;1115:427-442. DOI: 10.1007/978-3-030-37916-2_42
5. Chaplinsky S.I. Improving the efficiency of locomotives. *Science and Technology of Transport*. 2007;2:5-7.

Об авторах

Артем Константинович Пляскин — кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспорт железных дорог»; **Дальневосточный государственный университет путей сообщения (ДВГУПС)**; 680021, г. Хабаровск, ул. Серышева, д. 47; loc@festu.khv.ru;

Валерия Алексеевна Бутусова — аспирант кафедры «Транспорт железных дорог»; **Дальневосточный государственный университет путей сообщения (ДВГУПС)**; 680021, г. Хабаровск, ул. Серышева, д. 47; net@festu.khv.ru;

Алексей Сергеевич Кушнирук — кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспорт железных дорог»; **Дальневосточный государственный университет путей сообщения (ДВГУПС)**; 680021, г. Хабаровск, ул. Серышева, д. 47; alexey.kushniruk@mail.ru.

Bionotes

Artyom K. Plyaskin — Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor of the Department of “Transportation of Railways”; **Far Eastern State Transport University (FESTU)**; 47 Serysheva st., Khabarovsk, 680021, Russian Federation; loc@festu.khv.ru;

Valeria A. Butusova — postgraduate student of the Department of “Transportation of Railways”; **Far Eastern State Transport University (FESTU)**; 47 Serysheva st., Khabarovsk, 680021, Russian Federation; net@festu.khv.ru;

Aleksey S. Kushniruk — Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor of the Department of “Transportation of Railways”; **Far Eastern State Transport University (FESTU)**; 47 Serysheva st., Khabarovsk, 680021, Russian Federation; alexey.kushniruk@mail.ru.

Заявленный вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Автор, ответственный за переписку: Алексей Сергеевич Кушнирук, alexey.kushniruk@mail.ru.

Corresponding author: Aleksey S. Kushniruk, alexey.kushniruk@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 15.02.2023; одобрена после рецензирования 16.04.2023; принята к публикации 28.05.2023.

The article was submitted 15.02.2023; approved after reviewing 16.04.2023; accepted for publication 28.05.2023.