

Совершенствование организации работ по рельсошлифованию на основе оценки стоимости жизненного цикла рельсов

Поступила	12.01.2018
Рецензирование	16.02.2018
Принята к печати	21.02.2018

В статье представлен подход к планированию технологических воздействий по шлифованию рельсов и методика оценки эффективности назначенной периодичности обработки на основе определения стоимости жизненного цикла рельсов. Управление стоимостью жизненного цикла рельсов основывается на продлении срока их службы за счет совершенствования организации работ по рельсошлифованию. Методика опирается на нормативно-техническую документацию, на руководящие технические источники, статистические данные, материал которых был использован в расчетах. Также были идентифицированы затраты, которые оказывают наибольшее влияние на стоимость жизненного цикла рельсов.

Исследования направлены на нахождение путей эффективного предупреждения возникновения дефектов контактно-усталостного происхождения в головке рельсов и возможного замедления темпа их развития. Основная цель – добиться продления нормативного периода наработки рельсов в миллионах тонн брутто пропущенного тоннажа с минимизацией затрат в течение их жизненного цикла. Процесс исследования представлен двумя вариантами: шлифование при установленной норме периодичности и планирование мероприятий шлифования при скорректированной периодичности. В ходе исследования было выявлено, что основным показателем, который будет изменяться в зависимости от дефектности рельсов и периодичности шлифования, являются годовые эксплуатационные расходы, т. е. затраты на эксплуатацию рельсов. Процесс эксплуатации рельсов в силу ряда причин на различных участках протекает по-разному. На это может повлиять кривизна участка (прямой или кривой), параметры пути (грузонапряженность, скорость движения) и пр. Значит, и причины появления дефектов и их развития имеют различия. Следовательно, указания по шлифованию дефектных рельсов также будут иметь разные рекомендации. Адресный подход к организации работ по рельсошлифованию способствует существенному снижению расходов, отнесенных ко всему сроку службы рельсов. Полученные результаты служат основой для принятия решений при планировании периодичности шлифования рельсов.

Ключевые слова: *шлифование рельсов, дефекты рельсов, жизненный цикл рельсов, затраты на содержание железнодорожного пути.*

Российские железные дороги – одна из крупнейших железнодорожных магистралей мира, являющаяся ключевым звеном транспортной системы нашей страны. Наиболее дорогостоящим и ответственным элементом железнодорожного пути, состояние которого в первую очередь определяет бесперебойное и надежное движение поездов, являются рельсы. Для поддержания рельсового хозяйства в исправном состоянии ежегодно требуется более 3 млн т новых рельсов. В современных условиях эксплуатации железных дорог с ростом скоростей движения и грузонапряженности с каждым годом возрастает и потребность в новых рельсах, поэтому задача продления жизненного цикла рельсов имеет огромное значение для путевого хозяйства железнодорожной отрасли.

Перспективным направлением в решении данной проблемы является технология шлифования рельсов с применением рельсошлифовальных поездов, позволяющая произво-

дить механическую обработку головки рельсов без их демонтажа в условиях железнодорожного пути [1, 2].

Перечень дефектов рельсов, удаляемых шлифованием с применением данной технологии, достаточно обширен и включает волнообразные износы, механические повреждения, смятия и отслоения металла. Кроме того, шлифованием возможно формирование требуемого поперечного профиля рельсов с целью обеспечения его наилучшего контакта с колесом [1].

Несмотря на то что шлифованием удаляются только поверхностные дефекты рельсов, влияние данной технологии на развитие других дефектов также велико. Это определено тем, что удаление поверхностного дефекта на ранней стадии не позволит ему развиваться в более серьезный дефект и перевести рельс в разряд остродефектного. Все это влияет на продолжительность жизненного цикла рельсов, т. е. управлять дефектами на начальной стадии экс-

плутации рельсов – значит управлять жизненным циклом рельсов, что является технической характеристикой надежности (включающей в себя безопасность, безотказность, ремонтпригодность) [3].

Так, например, развитие продольных трещин контактной усталости (дефекты 11.₁₋₂, 12.₁₋₂ на рис. 1) приводит к образованию выкрашиваний и влечет за собой образование поперечных усталостных трещин (дефекты 21.₁₋₂, 22.₁₋₂), при несвоевременном обнаружении которых возможен излом всего рельса (дефект 71.₁₋₂, 72.₁₋₂).

В настоящее время планирование, организация и проведение работ по рельсошлифованию осуществляются на основе нормативно-технической документации [4, 5], в соответствии с которой устанавливается периодичность обработки рельсов в зависимости от класса, группы и категории пути (таблица).

Указанными нормативными документами допускается корректировка периодичности

шлифования рельсов в зависимости от их фактического состояния, но без указания конкретных значений. Определение этих значений периодичности шлифования для конкретного участка железнодорожного пути является нерешенной задачей, а ее решение усложняется влиянием множества факторов, связанных с условиями эксплуатации рельсов, конструктивными параметрами железнодорожного пути, эксплуатируемым подвижным составом и другим, которые напрямую определяют интенсивность развития дефектов в рельсах. Таким образом, можно сделать вывод, что назначение периодичности шлифования на конкретном участке пути необходимо осуществлять с учетом фактической дефектности рельсов.

Назначение оптимальной периодичности шлифования – это многофакторная задача, оптимизационным фактором которой является экономическая составляющая. Решение этой задачи можно осуществить на основе оценки стоимости жизненного цикла рельсов. Вопросом оценки стоимости жизненного цикла занимались и занимаются многие ученые [6, 7].

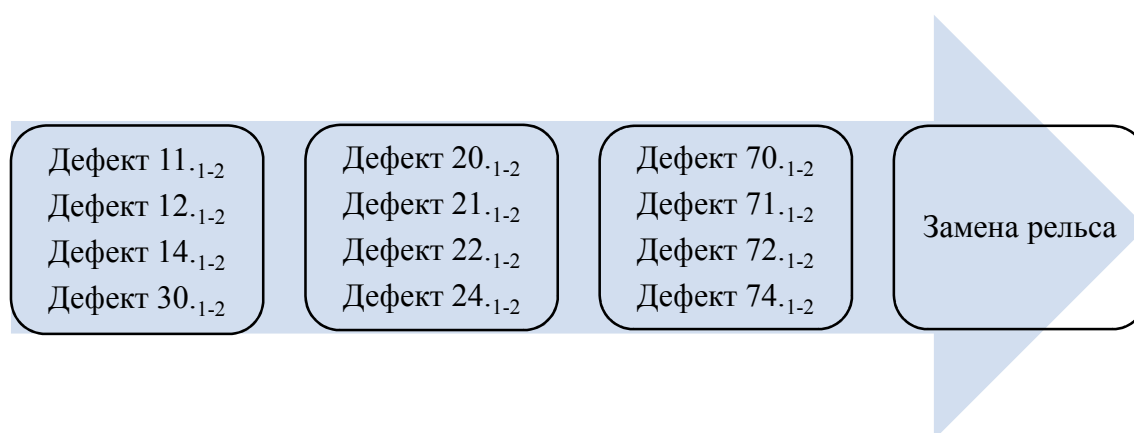


Рис. 1. Схема зависимости дефектов:

дефекты 11.₁₋₂, 12.₁₋₂, 14.₁₋₂ – трещины и выкрашивания на поверхности; дефект 30.₁₋₂ – продольные трещины в головке рельса; дефекты 20.₁₋₂, 21.₁₋₂, 22.₁₋₂, 24.₁₋₂ – поперечные трещины; дефекты 70.₁₋₂, 71.₁₋₂, 72.₁₋₂, 74.₁₋₂ – изломы

Периодичность шлифования рельсов

Класс, группа и категория пути	Периодичность проведения шлифования, млн т брутто
1А1, 1А2, 1А3, 1Б1, 1Б2, 2А4, 2А5, 2Б3, 2Б4	175
1В1, 2В2, 2В3	115
1П, 2Г2, 2Д1	115
3В4, 3В5, 3Б5	115
Участки скоростного, а также преимущественно пассажирского движения со скоростью 140 км/ч и более	40–60

В действующих нормативных документах стоимость жизненного цикла технической системы железнодорожного транспорта определяется по формуле [8]:

$$СЖЦ = C_{пр} + \sum_{t=1}^T (C_r + \Delta K_t - L_t) \alpha_t, \quad (1)$$

где $C_{пр}$ – цена приобретения технической системы (первоначальная стоимость), тыс. р.; T – срок полезного использования, который устанавливается в соответствии с техническими требованиями или иной нормативной документацией, лет; t – текущий год эксплуатации; C_r – годовые эксплуатационные расходы технической системы, тыс. р.; ΔK_t – сопутствующие единовременные затраты, связанные с внедрением технической системы в эксплуатацию, тыс. р.; L_t – ликвидационная стоимость технической системы, тыс. р.; α_t – коэффициент дисконтирования.

В представленной зависимости (1) основным показателем, который будет изменяться в зависимости от дефектности рельсов и периодичности шлифования, являются годовые экс-

плуатационные расходы технической системы, в нашем случае – затраты на эксплуатацию рельсов.

В общем виде затраты на эксплуатацию рельсов складываются из затрат на шлифование рельсов, затрат, связанных с задержкой движения поездов в связи с проведением шлифования, затрат на проведение контроля (дефектоскопии) и затрат на одиночную замену рельсов (рис. 2).

При анализе затрат в качестве исходных данных необходимы такие параметры пути, как грузонапряженность (млн т брутто/км в год); наибольшая установленная скорость движения пассажирских и грузовых поездов (км/ч); пропускная способность (количество пропущенных поездов в месяц), которые отражены в характеристиках пути (в частности, в классе, группе и категории).

В качестве примера рассмотрим оценку стоимости жизненного цикла рельсов и ее изменения в зависимости от периодичности шлифования на основе данных ПЧ-19 станции



Рис. 2. Блок-схема затрат на эксплуатацию 1 км рельсов в год

Заринск Западно-Сибирской железной дороги со следующими характеристиками:

- класс и специализация линии – 2Т, т. е. линия с тяжеловесным грузом длиной 84 км;
- класс, группа и категория – 2Б2, т. е. класс 2 – количество пропущенных поездов в месяц (31–100 поездов); группа Б – грузонапряженность (51–80 млн т брутто/км в год); категория 2 – скорость движения (101–120 км/ч).

Длина расчетного участка составляет 20 км (бесстыковой путь); нормативный период – 700 млн т брутто; периодичность шлифования – 175 млн т брутто; средняя грузонапряженность – 60 млн т брутто/км в год.

С использованием статистических данных о количестве рельсов, изъятых из пути в период нормативного ресурса на данном участке, и данных о периодичности шлифования железнодорожного пути была получена диаграмма, представленная на рис. 3.

Из диаграммы видно, что после проведения шлифования с установленной периодичностью происходит снижение количества изъятий острodefekтных рельсов (зона Б), но после наработки 25–75 млн т брутто количество острodefekтных рельсов начинает возрастать (зона А). Таким образом, можно констатировать, что установленный нормативами период проведения шлифования 175 млн т брутто не дает длительного эффекта на рассматриваемом участке, что доказывает необходимость

корректировки периодичности шлифования. Экспериментальные исследования [9–11] и анализ статистических данных позволили скорректировать периодичность шлифования со 175 до 50 млн т брутто, что должно привести к снижению одиночных изъятий рельсов на 30–40 % и увеличить нормативный период наработки с 700 до 1 200 млн т брутто.

На основе методики расчета СЖЦ были произведены расчеты для двух вариантов периодичности шлифования рельсов на рассматриваемом участке.

Эксплуатационные затраты были рассчитаны на период 1 200 млн т брутто пропущенного тоннажа, но при разной периодичности проведения технических воздействий, при этом стоимость капитального ремонта 1 км принята 15 млн р./км.

На рис. 4 показано количество фактически выявленных дефектов при пропущенном тоннаже до 1 200 млн т брутто и прогнозируемое количество дефектов при том же тоннаже при условии, что периодичность шлифования будет меньше.

Совместные данные о затратах на эксплуатацию 1 км рельсового пути при нормативно установленной периодичности шлифования и при условии сокращения периодичности шлифования представлены на рис. 5, на котором определена стоимость жизненного цикла рельсов по двум вариантам.



Рис. 3. Одиночное изъятие рельсов по причине появления дефекта 22.1.2/21.1.2

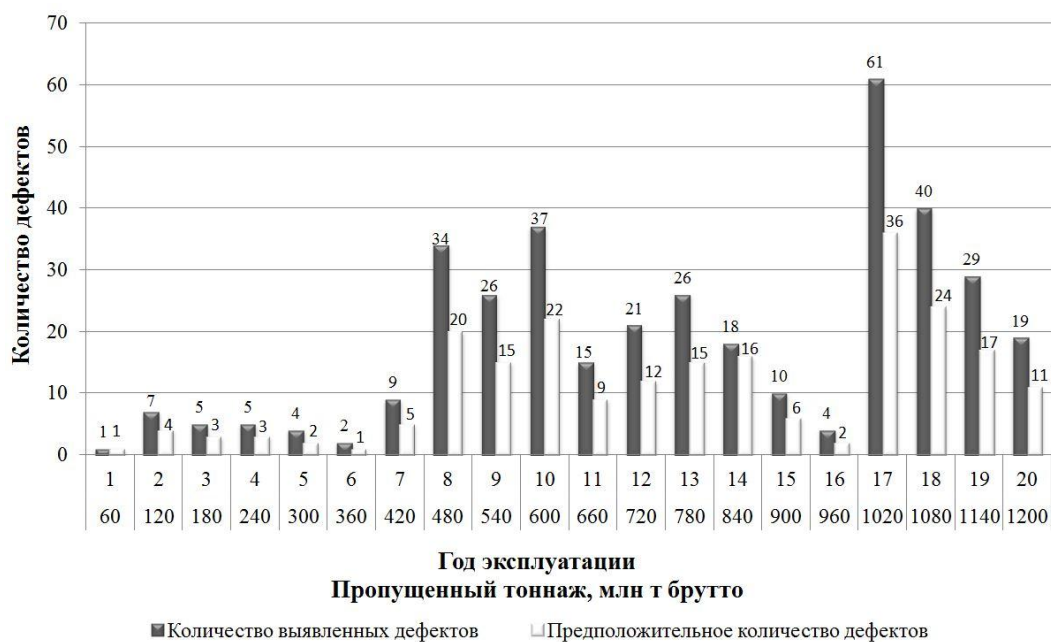


Рис. 4. Фактическое и прогнозируемое количество выявленных дефектов



Рис. 5. Сравнительные эксплуатационные затраты при различной периодичности технологических воздействий

На основе методики оценки стоимости жизненного цикла рельсов, учитывающей эксплуатационные затраты по содержанию рельсового пути, произведен расчет, который показал:

– установленная норма периодичности 175 млн т брутто не дает длительного эффекта от шлифования, максимальное значение сопротивления контактно-усталостным нагрузкам поверхности рельса наблюдается до 50 млн т

брутто, что доказывает необходимость сокращения периодичности шлифования;

– сокращение периодичности шлифования не только увеличивает жизненный цикл рельсов, но и сокращает его стоимость. Так, при наработке 1 200 млн т брутто при нормативной периодичности шлифования 175 млн т брутто суммарные эксплуатационные затраты составят порядка 40 млн р., а в условиях сокращения пе-

риодичности суммарные эксплуатационные затраты уменьшаются до 26 млн р.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о возможности применения представленного подхода к назначению опти-

мальной и экономически целесообразной периодичности шлифования рельсов с учетом конструктивных и эксплуатационных параметров железнодорожного пути.

Библиографический список

1. Ильиных А. С., Матафонов А. В. Российский и зарубежный опыт эксплуатации рельсошлифовальных поездов // Наука и техника транспорта. 2014. № 3. С. 100–104.
2. Аксенов В. А., Юркова Е. О. Ресурсосберегающий технологический процесс восстановления служебных свойств рельсов в пути // Прогрессивные технологии в транспортных системах : сб. докл. VII Рос. науч.-практ. конф. Оренбург, 2005. С. 21–27.
3. Ильиных А. С., Козлова К. Б., Самойлов В. В. Оценка возможности снижения количества изъятий острodefектных рельсов с целью обеспечения безопасности перевозочного процесса // Проблемы безопасности российского общества. 2017. № 4 (20). С. 108–112.
4. Технические указания по шлифованию рельсов. Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 22.02.2011 № 388р. М., 2011.
5. Положение о системе ведения рельсового хозяйства ОАО «РЖД». Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 31.10.2013 № 2334р. М., 2013.
6. Бельтюков В. П., Андреев А. В. Особенности определения стоимости жизненного цикла верхнего строения пути на участках с разными условиями эксплуатации // Современные технологии – транспорту. 2016. № 3. С. 314–320.
7. Шаламова О. А., Фелелов В. Н., Ильиных А. С. Снижение эксплуатационных расходов предприятий железнодорожного транспорта на основе оптимизации технологических процессов // Вестник Восточно-Украинского национального университета им. В. Даля. 2005. № 8 (90). С. 220–223.
8. Методика определения стоимости жизненного цикла и лимитной стоимости подвижного состава и сложных технических систем железнодорожного транспорта. Основные положения. Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 27.12.2007 № 560р. М., 2007.
9. Ильиных А. С. Обоснование и разработка научно-методических основ высокопроизводительной технологии шлифования рельсов в условиях железнодорожного пути : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.02.07. Саратов, 2013. 36 с.
10. Шаламова О. А. Повышение эксплуатационной стойкости рельсов за счет выбора рациональных режимов и условий технологического процесса шлифования : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.08. Новосибирск, 2001. 116 с.
11. Матафонов А. В., Пыко А. Н., Ильиных А. С. Технологическое обеспечение качества поверхности рельсов при шлифовании в условиях железнодорожного пути // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. 2015. Т. 15, № 1. С. 80–92.

А. С. Иlinykh, О. А. Shalamova, Е. О. Yurkova

Improving the Organization of Work on Rail Grinding Based on the Cost of the Rails Vital Cycle

Abstract. The article presents method for the possible extension of the wear-life of rails based on the cost of the vital cycle of rails. The cost of the vital cycle of rails is based on the extension of their service life due to the improvement of the work organization on rail grinding. The methodology is based on normative and technical documentation and engineering guidance, statistical data, and the material which was used in the calculations. Also costs that have the identified impact on the cost of the vital cycle of the rails were identified.

The research is aimed at finding ways to prevent effectively the occurrence of contact-fatigue origin defects in the rail head and the possible slowing of their development rate. The main idea is to achieve the extension of the normative running time of rails in a million tons of gross tonnage missed with minimization of costs during their vital cycle. The research process is represented by two options – grinding at the established rate of the periodicity, and planning of grinding events with the adjusted periodicity. Research have shown that the main indicator, which will vary depending on the defectiveness of rails and the periodicity of grinding – annual operating costs, that is – the costs of operating rails. The process of operating the rails for different reasons in different areas proceeds in different ways: a straight or a curved path section; parameters of the path: freight strength, speed and so on. So the reasons for the appearance of various defects, their propagation and guidance for grinding defective

rails will also have different recommendations. An individual approach to the organization of work on rail grinding contributes to a significant reduction in costs, attributed to the entire of their wear-life. The results obtained serve as a basis for decision-making when planning the periodicity of grinding.

Key words: *rail grinding; rail defects; vital cycle of rails; railway maintenance costs.*

Ильиных Андрей Степанович – доктор технических наук, заведующий кафедрой «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин» СГУПС. E-mail: asi@stu.ru

Шаламова Оксана Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин» СГУПС. E-mail: oksana.sh73@mail.ru

Юркова Елена Олеговна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин» СГУПС. E-mail: urk@stu.ru