



Оценка ресурса оборудования ТПС



Александр ВОРОБЬЕВ
Alexander A. VOROBIEV

Алексей СКРЕБКОВ
Alexey V. SKREBKOV



*Воробьев Александр Алексеевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Электрическая тяга» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ).
Скребков Алексей Валентинович – кандидат технических наук, доцент МИИТ.*

Рассматриваются результаты анализа показателей безотказности электрических машин электровозов серии ВЛ10, эксплуатирующихся на полигоне Челябинск–Рыбное. Предложен новый подход к статистической оценке интенсивности отказов оборудования. Показана возможность обоснования сроков его восстановления в условиях эксплуатации.

Ключевые слова: железная дорога, локомотивный комплекс, электровоз ВЛ10, ресурс, надежность, интенсивность отказов, статистическая оценка, опытные испытания.

В процессе эксплуатации тягового подвижного состава (ТПС) накапливается большой объем информации, характеризующей изменение технического состояния различного оборудования по мере увеличения его наработки от начала эксплуатации или восстановления (замены) на очередном плановом ремонте. На базе этой информации формируются основания к решению обязательных и естественных для производства задач, возникающих в локомотивном комплексе ОАО «РЖД»:

- анализ надежности ТПС и его оборудования в конкретных условиях эксплуатации;

- оценка эффективности технологических мероприятий, направленных на повышение надежности ТПС;

- определение ресурса и оптимальных сроков ремонта оборудования ТПС.

К настоящему моменту завершается внедрение системы электронной паспортизации оборудования ТПС, что позволит, как предполагается, повысить полноту информации, а следовательно, и достоверность результатов оценки по-

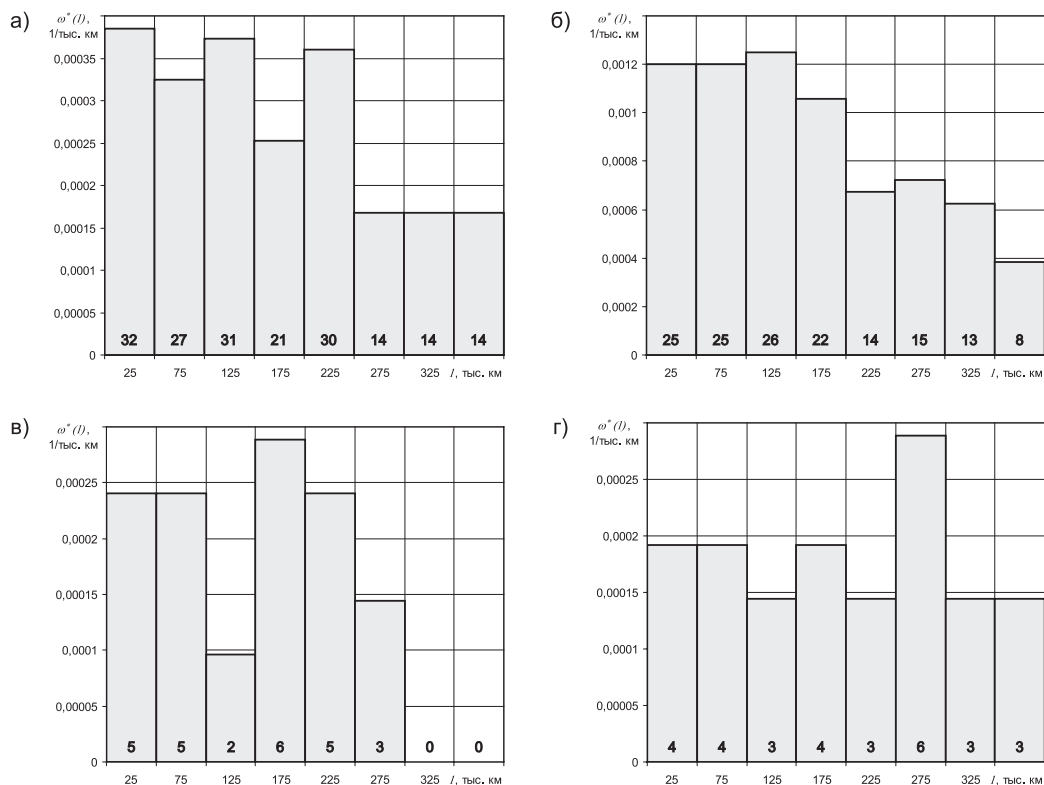


Рис. 1. Диаграммы параметра потока отказов якорей электрических машин электровозов ВЛ10: а) тяговых электродвигателей ТЛ-2 К1; б) двигателей мотор-вентиляторов ТЛ-1 10 М; в) двигателей мотор-компрессоров НБ-431 П; г) двигателей преобразователей НБ-436 В (числа в основаниях столбцов – количество отказов в интервале).

казателей надежности. Такая информация представляется в виде выбора контролируемых (диагностических) параметров оборудования или же наработок между отказами.

Наиболее эффективной с точки зрения получения достоверных результатов оценки показателей надежности считается обычно информация о диагностических параметрах оборудования. Однако для большей части оборудования ТПС такие параметры пока чаще всего не определены или не установлены. Так, например, не установлены контролируемые параметры, позволяющие прогнозировать наработку до ослабления бандажа на колесном центре колесной пары.

В то же время наработки до отказа или между отказами оборудования могут достаточно просто использоваться для оценки эксплуатационных показателей надежности. Наиболее информативными из показателей безотказности, харак-

теризующими скорость наступления отказов с увеличением наработки оборудования, признается специалистами параметр потока отказов или интенсивность отказов.

На первый взгляд для оценки надежности предпочтителен параметр потока отказов, так как он рассчитывается по наработкам между отказами на основании наложения процессов восстановления отдельных экземпляров оборудования ТПС и анализа так называемого объединённого процесса восстановления. Это позволяет при наличии повторных отказов тех или иных деталей, агрегатов, приборов с большей достоверностью определить эксплуатационные показатели надежности оборудования в условиях даже ограниченного объема информации.

Расчет зависимости от наработки параметра потока отказов осуществляется следующим образом:





1) Из процессов восстановления оборудования формируется объединенный процесс восстановления, на основании которого определяется эмпирическая функция восстановления $H(l)$. Она используется для расчета теоретической функции распределения наработки между отказами $F(l)$ [1].

2) По функции плотности распределения наработки между отказами $f(l)$ решением интегрального уравнения Вольтерра находится функция параметра потока отказов $\omega(l)$. По характеру ее изменения с увеличением наработки и значению гамма-процентного ресурса l_γ , получаемому по $F(l)$, решается задача определения оптимального срока восстановления (замены) оборудования ТПС.

С использованием такой последовательности вычислений были рассчитаны функции параметра потока отказов и гамма-процентные ресурсы основного оборудования электровозов серии ВЛ10, эксплуатируемых на опытном полигоне Челябинск–Рыбное. Анализ полученных результатов показал, что при высоких значениях параметра потока отказов характер их зависимостей с увеличением наработки не свидетельствует об ухудшении технического состояния в рассматриваемых периодах эксплуатации электровозов (рис. 1). Кроме того, установлено, что усеченные эмпирические функции распределения наработки между отказами якорей электрических машин хорошо описываются экспоненциальным законом распределения.

Все это свидетельствует о том, что потоки отказов этих узлов в установленных в настоящее время для электровозов межремонтных периодах являются простейшими, то есть процесс возникновения отказов происходит с постоянной и высокой скоростью. Это можно объяснить тем, что при одной и той же наработке электровозов установленные на них электрические машины существенно отличаются между собой по техническому состоянию. В свою очередь, это может быть обусловлено отличием схем чередования ремонтов электровозов и электриче-

ских машин (структур ремонтного цикла), а также недостаточным качеством ремонта.

Поскольку межремонтные пробеги электровозов отличаются от средних установленных норм как минимум на 10%, то по мере постановки их на очередной плановый ремонт объем выборки наблюдаемого оборудования уменьшается, что может приводить к снижению достоверности оценки эксплуатационных показателей надежности. В связи с этим предлагается осуществлять оценку скорости наступления отказов на основе показателя безотказности-интенсивности отказов λ .

Расчет эмпирической функции распределения и интенсивности отказов в этом случае осуществляется по наработкам до отказа объединенного оборудования, находящегося под наблюдением в эксплуатации в рассматриваемом межремонтном периоде. Другими словами, в расчете не используется информация о повторных отказах оборудования и практически реализуется план испытаний на надежность $[N, U, L]$. Здесь: N — число экземпляров одноименного оборудования, находящееся под наблюдением на момент начала испытаний; L — период наблюдения (среднее значение межремонтной наработки до восстановления или замены оборудования); U — признак, предполагающий, что отказавший экземпляр оборудования после отказа выбывает из-под наблюдения, то есть объем выборки испытуемого оборудования уменьшается по мере наступления его отказов. Схематически процесс наступления отказов в рамках реализуемого плана испытаний представлен на рис. 2.

Количество отказов r на момент окончания испытаний позволяет вычислить вероятность отказа оборудования $Q(L) = r/N$ при установленном межремонтном пробеге L . По усеченной функции распределения наработки на отказ $F(l)$ определяются (методом «наименьших квадратов», максимального правдоподобия или другими) вид и параметры теоретического закона распределения наработки на отказ $F(l)$

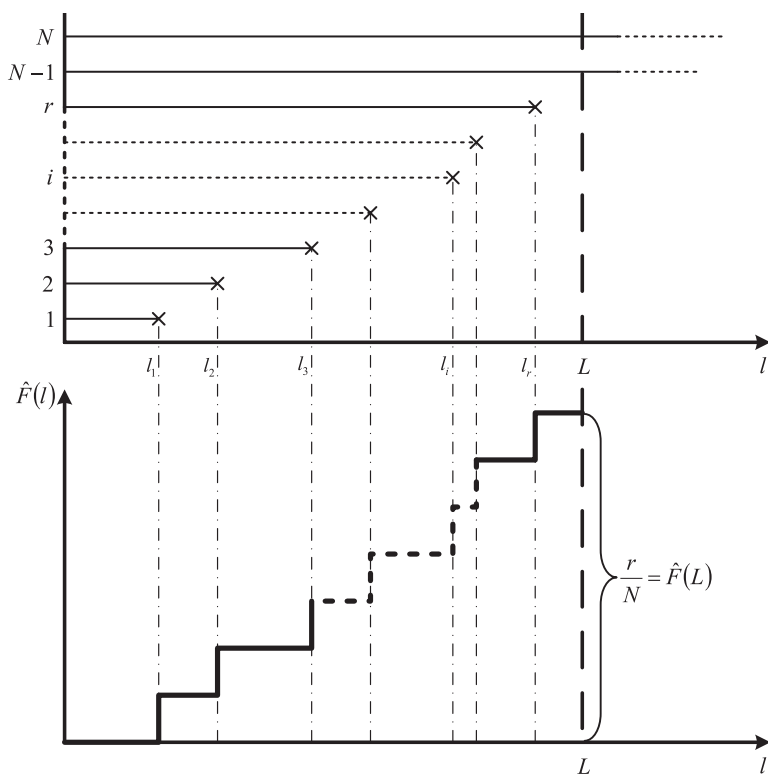


Рис. 2. Оценка функции распределения наработки до отказа.

рассматриваемого оборудования и соответствующая функция плотности распределения $f(t)$. Используя выражение $\lambda(t) = f(t) / [1 - F(t)]$, рассчитывается функция интенсивности отказов оборудования.

По характеру изменения интенсивности отказов $\lambda(t)$ и значению гамма-процентного ресурса l_γ , полученному по теоретической функции распределения наработки до отказа $F(t)$, становится

возможным решить задачу определения сроков восстановления (замены) оборудования ТПС в условиях эксплуатации [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Скребков А. В., Алексеев С. А., Соколов С. А. Оптимизация межремонтных пробегов ТПС//Мир транспорта.— 2009.— № 1.
2. Горский А. В., Воробьев А. А., Скребков А. В. Стратегия интеллектуального ремонта локомотивов//Локомотив.— 2012.— № 7. ●

ASSESSMENT OF LIFE CAPACITY OF EQUIPMENT OF TRACTION ROLLING STOCK

Vorobiev, Alexander A. – D.Sc. (Tech), professor of the department of electric traction of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).

Skrebkov, Alexey V. – Ph. D. (Tech), associate professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).

The authors study the results of the analysis of infallibility of electric machines of electric VL10 locomotives on the railway section between Chelyabinsk and Rybnoe. They propose a new approach towards statistic assessment of equipment failures intensity and argue the possibility to prove the exact repair time while the equipment is under operation.

Key words: railway, locomotive facilities, electric VL 10 locomotive, life, reliability, failures repeatability, statistic assessment, testing.

Координаты авторов (contact information): Воробьев А. А. – vorobyov-a@yandex.ru, Скребков А. В. – skrebkov_av@mail.ru,

