


Обозначенная в статье задача автоматизации управления жизненным циклом локомотивов в мировой практике уже решается. Примером могут служить и тепловозы американской фирмы General Electric, и скоростные поезда немецкой фирмы Siemens (включая их российскую модификацию «Сапсан»). Например, Siemens разработали новую концепцию сервисного обслуживания Railcover для перспективных электровозов серии Vectron. По данным бортовых микропроцессорных систем этих электровозов, передаваемым в стационарную сервисную сеть, обеспечивается максимальная степень готовности локомотива за счет превентивного технического обслуживания. При этом информационное обеспечение позволяет перейти на полное сервисное обслуживание парка локомотивов на протяжении всего жизненного цикла.

Именно к такому уровню контролепригодности отечественных локомотивов следует стремиться. К сожалению, ни одна серия новых локомотивов, кроме пассажирских электровозов переменного тока серии ЭП1М, выпускаемых в настоящее время в России, не имеет заявленное в ТУ значение коэффициента готовности. В связи с этим необходимо кардинально менять ситуацию с контролепригодностью и надежностью отечественных

локомотивов, внедрять комплексные системы бортового технического диагностирования с передачей информации в стационарные информационно управляющие системы для дальнейшего управления жизненным циклом тягового подвижного состава. 

Список использованной литературы

1. ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения. М.: Госстандарт, 1989. — 9 с.
2. Лубягов, А.М. Третий путь. Эксперимент по переходу на новую систему ремонта локомотивов дает положительные результаты / А.М. Лубягов // Гудок. — 2012. — 24 июня.
3. Концепция единой технической политики холдинга «Российские железные дороги»: утв. в ОАО «РЖД» 18.07.2009. — М.: ОАО «РЖД», 2009. — 153 с.
4. Функциональная стратегия ОАО «РЖД». Обеспечение гарантированной безопасности и надежности перевозочного процесса. — М.: ОАО «РЖД», 2007.
5. Функциональная стратегия ОАО «РЖД» управления качеством. — М.: ОАО «РЖД», 2007.

Экспериментально-расчетный способ определения продолжительности периода приработки локомотивов



Е. Е. Белова,
инженер ОАО «ВНИКТИ»



В. А. Перминов,
к. т. н., заведующий отделом
ОАО «ВНИКТИ»

Вниманию читателя предлагается экспериментально-расчетный способ определения продолжительности периода приработки локомотивов на основе исследования потока их отказов за период нормальной эксплуатации.

Известно, что гарантийный период эксплуатации локомотива T_r , как часть его жизненного цикла, включает в себя полностью период приработки T_{np} и начало периода нормальной эксплуатации $T_{нн}$, то есть

$T_r = T_{np} + T_{нн}$ [1]. Определение термина «период приработки» приведено в [2].

Очевидно, что в силу полного поглощения T_r такого элемента жизненного цикла локомотива как $T_{нн}$ (рис. 1), параметры $T_{нн}$ (продолжитель-

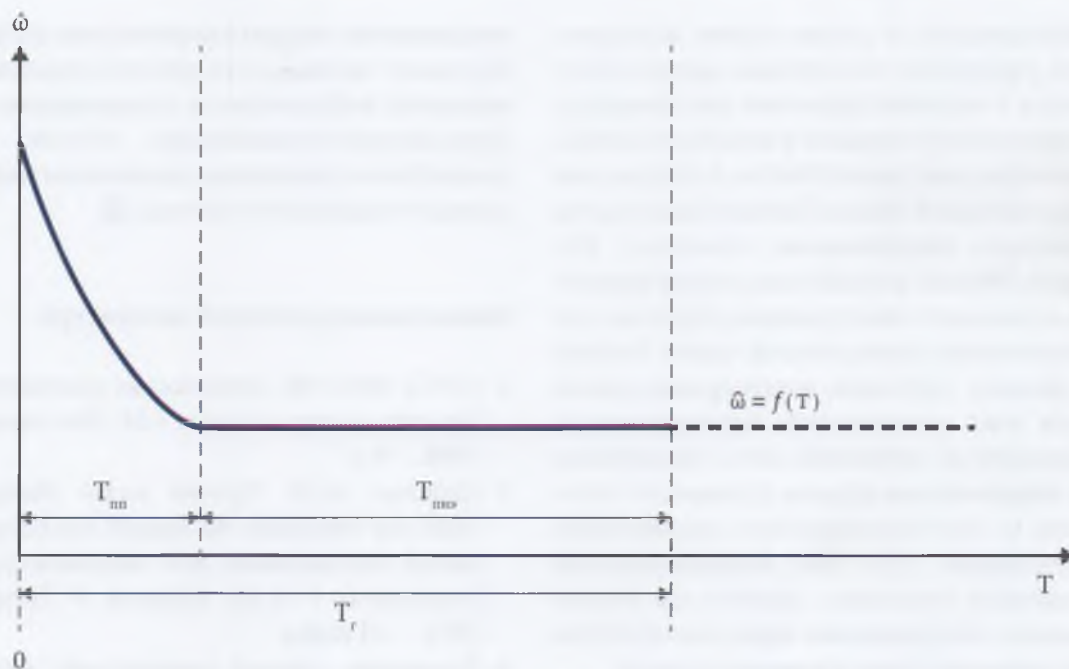


Рис. 1. Структура гарантийного периода эксплуатации и вид теоретической функции $\hat{\omega} = f(T)$

ность и $\hat{\omega}_{\text{пн}}$ – среднее значение параметра потока отказов за $T_{\text{пн}}$, оказывают влияние в целом на безотказность локомотивов в гарантийном периоде T_g [1]. Именно поэтому так важно знать значения этих параметров, особенно продолжительности $T_{\text{пн}}$, определяющей при назначенном T_g продолжительность $T_{\text{пнэ}}$, а значит среднее значение параметра потока отказов $\hat{\omega}_{\text{пнэ}}$ за этот период. Последнее особенно важно, так как в Технических условиях на локомотивы нормируется среднее значение параметра потока отказов, например, 3-го вида, которое должно, по мнению авторов, ассоциироваться с $\hat{\omega}_{\text{пнэ}}$.

Какие-либо рекомендации по определению продолжительности $T_{\text{пн}}$ локомотивов, кроме основанных на визуальной оценке характера кривой $\hat{\omega} = f(T)$, авторам неизвестны. Это послужило причиной разработки экспериментально-расчетного способа определения продолжительности $T_{\text{пн}}$, основанного на анализе потока отказов локомотивов за $T_{\text{пнэ}}$. При этом $T_{\text{пнэ}}$ в общем случае – это период в жизни восстанавливаемого изделия, если он существует, в течение которого его параметр потока отказов является приблизительно постоянным [2]. Поток отказов локомотивов в период нормальной эксплуатации принимается соответствующим простейшему пуассоновскому потоку отказов и удовлетворяет условию стационарности, распределение наработки между отказами локомотивов близко к экспоненциальному [3].

Суть предлагаемого способа заключается в анализе на наибольшее соответствие эмпирического потока отказов локомотивов за $T_{\text{пнэ}}$ простейшему теоретическому потоку, варьируя продолжительностью $T_{\text{пнэ}}$ изменением значения $T_{\text{пн}}$, не выходя за границы T_g . Для этого сначала необходимо построить на основе эксплуатационных данных зависимость среднего значения $\hat{\omega}$ локомотивов от наработки T в гарантийный период эксплуатации. Построение этой зависимости необходимо для определения $T_{\text{пн}}^{\text{Begin}}$ – начальной точки анализа, которая определяет исходную продолжительность $T_{\text{пнэ}}$.

Например, такая зависимость, полученная по результатам эксплуатации гарантийных тепловозов ТЭМ18ДМ (с № 220 по № 320), представлена на рисунке 2 [4]. Визуальная оценка характера протекания этой зависимости показывает, что $T_{\text{пн}}^{\text{Begin}}$ составляет порядка 160 суток.

После исследования потока отказов локомотивов за $T_{\text{пнэ}}$ исходной продолжительности исследуется поток отказов за $T_{\text{пнэ}}$ при увеличенной продолжительности $T_{\text{пн}}$ на шаг варьирования. Последний выбирается произвольно, но он не должен быть как слишком маленьким, так и слишком большим. Исследования заканчиваются при $T_{\text{пн}}^{\text{End}}$, значение этой величины задается и ограничено лишь значением T_g , то есть $T_{\text{пн}}^{\text{End}} < T_g$.

В общем виде экспериментально-расчетный способ определения величины периода

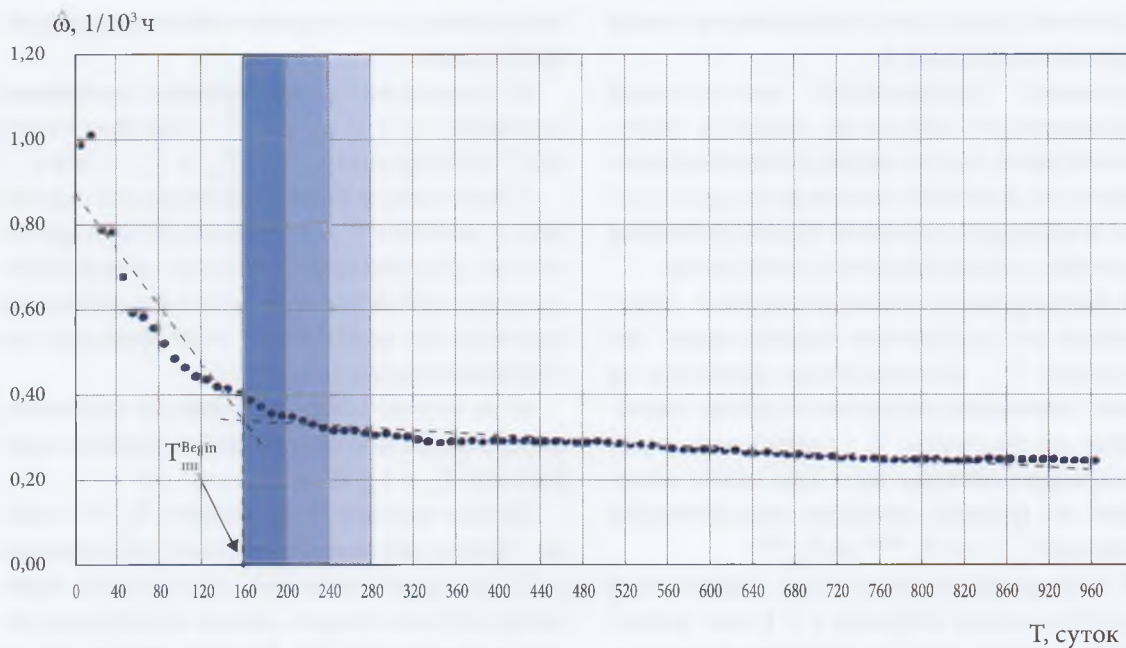


Рис. 2. Зависимость среднего значения параметра потока отказов 3-го вида тепловозов ТЭМ18ДМ в гарантийный период эксплуатации от наработки

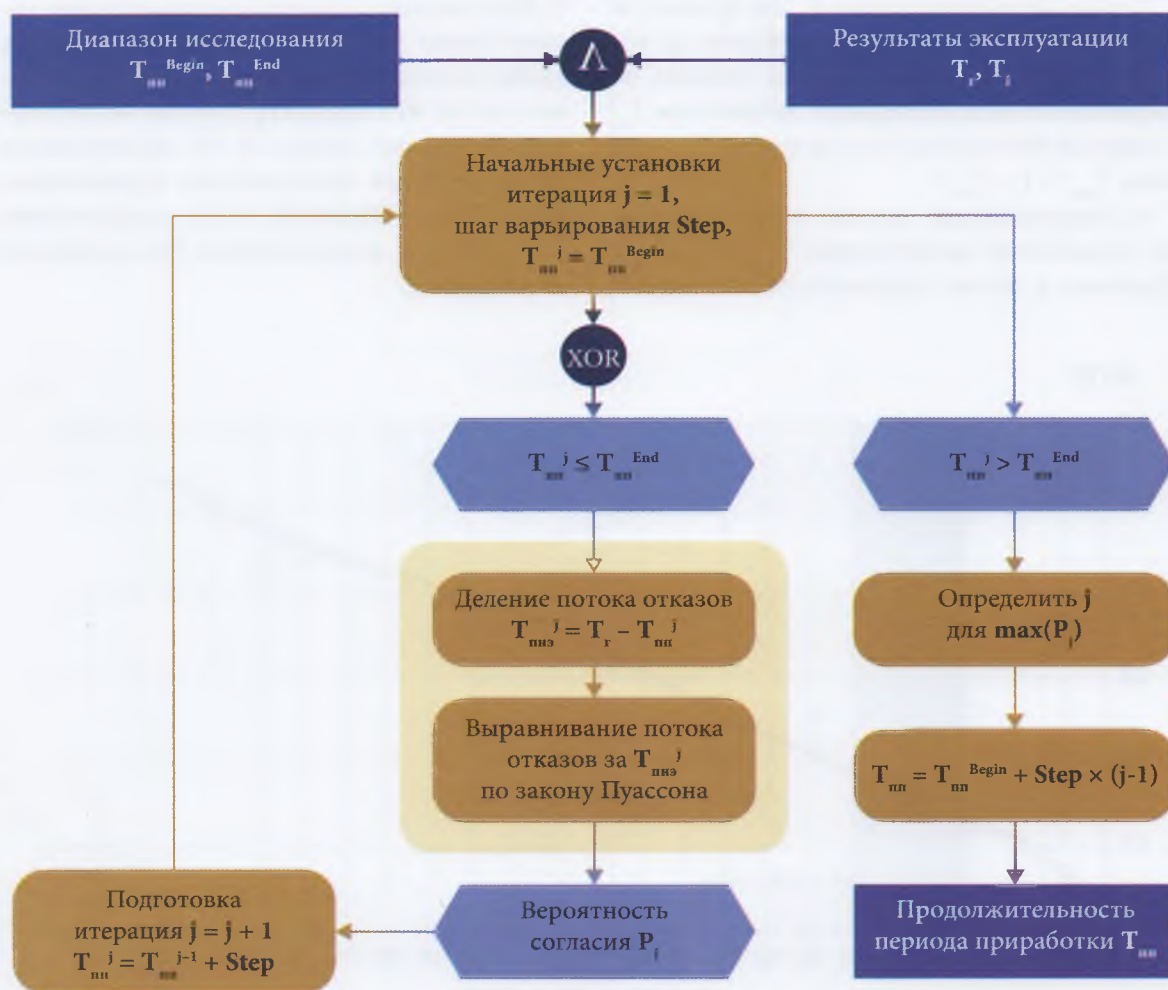


Рис. 3. Функционально-событийная диаграмма алгоритма определения продолжительности периода приработки локомотивов

приработки локомотивов представлен в виде алгоритма на рисунке 3.

Основной управляющей конструкцией представленного алгоритма является итерационный цикл, то есть определенная последовательность действий выполняется j раз с разными исходными данными. Далее приведены пояснения к вышеуказанному алгоритму:

а) формируются исходные данные, определяемые из результатов эксплуатации локомотивов: T_r – максимальная наработка на момент окончания гарантии в группе гарантийных локомотивов; T_i – наработки, соответствующие отказам того или иного локомотива из группы; диапазон варьирования значением $T_{\text{пн}}^j$ – от $T_{\text{пн}}^{\text{Begin}}$ до $T_{\text{пн}}^{\text{End}}$;

б) начальные установки для выполнения алгоритма: номер итерации $j = 1$; шаг варьирования – Step; начальное значение диапазона исследования $T_{\text{пн}}^1 = T_{\text{пн}}^{\text{Begin}}$;

в) если текущее значение $T_{\text{пн}}^j$ превысило значение $T_{\text{пн}}^{\text{End}}$, выполняются действия з)-и);

г) если текущее значение $T_{\text{пн}}^j$ не превысило значение $T_{\text{пн}}^{\text{End}}$, выполняются действия д)-ж);

д) деление исходного потока отказов по наработке на потоки периода приработки $T_{\text{пн}}^j$ и периода нормальной эксплуатации $T_{\text{пнэ}}^j$, при этом $T_{\text{пнэ}}^j = T_r - T_{\text{пн}}^j$;

е) выравнивание потока отказов периода нормальной эксплуатации $T_{\text{пнэ}}^j$ по закону Пуассона и расчет вероятности согласия P_j

эмпирического и теоретического распределений отказов;

ж) подготовка к выполнению следующей итерации $j = j + 1$; $T_{\text{пн}}^j = T_{\text{пн}}^{j-1} + \text{Step}$ (например, для 2-ой итерации $j = 2$; $T_{\text{пн}}^2 = T_{\text{пн}}^1 + \text{Step}$);

з) полученные на каждой итерации вероятности согласия P_j эмпирического и теоретического распределений отказов сравниваются между собой для определения наибольшей вероятности $\max(P_j)$ при этом фиксируется соответствующее значение j ;

и) на основе зафиксированного значения j определяется искомая величина периода приработки $T_{\text{пн}} = T_{\text{пн}}^{\text{Begin}} + \text{Step} \times (j - 1)$.

Другие методы определения $T_{\text{пн}}^{\text{Begin}}$ можно сформулировать на основе изложенных в [5] критериев проверки постоянства параметра потока отказов, одним из которых является график $M(T)$. Для построения этого графика необходимо по эксплуатационным данным вычислить среднее суммарное количество наработок до отказа $M(T)$ за время T . Постоянный параметр потока отказов соответствует линейному характеру графика, любое отклонение от прямой линии указывает на то, что параметр отказов не постоянен. Например, график $M(T)$, построенный по результатам эксплуатации гарантийных тепловозов ТЭМ18ДМ [4] в соответствии с алгоритмом, изложенным в [5], изображен на рисунке 4.

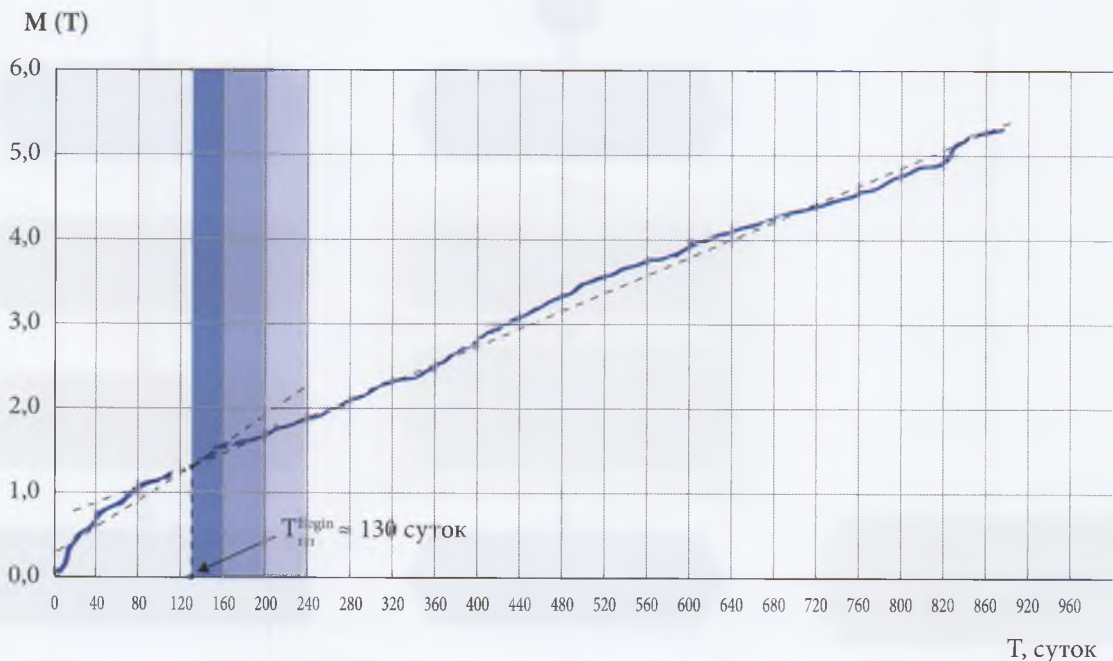



Рис. 4. Среднее суммарное количество наработок до отказа $M(T)$ за время T гарантийных тепловозов ТЭМ18ДМ

Визуальная оценка графика $M(T)$ по вышеуказанному критерию показывает, что относительно линейным график можно считать, начиная с наработки $T_{\text{пп}}^{\text{Begin}} \sim 130$ суток.

Однако необходимо заметить, что трудоемкость построения кривой, изображенной на рисунке 4, как и реализация других критериев, изложенных в [5], по сравнению с построением кривой, изображенной на рисунке 2, значительно выше. Это, на взгляд авторов, в конечном итоге играет решающую роль в выборе того или иного метода оценки $T_{\text{пп}}^{\text{Begin}}$.

В заключение отметим, что полученная в конечном итоге продолжительность периода приработки $T_{\text{пп}}$ не является постоянной величиной. Ее возможное изменение связано в первую очередь с качеством изготовления локомотивов. Чем выше качество, тем меньше период приработки, и наоборот. Целесообразность периодического уточнения продолжительности $T_{\text{пп}}$ локомотивов очевидна, поскольку продолжительность $T_{\text{пп}}$ определяет продолжительность $T_{\text{пнз}}$ в рамках гарантийного периода эксплуатации, а значит, и значение параметра потока отказов локомотивов в периоде $T_{\text{пнз}}$. 

Список использованной литературы

1. Белова, Е.Е. Оценка параметров периода приработки маневровых тепловозов ТЭМ18ДМ [Текст] / Е.Е. Белова, В.А. Перминов // Вестник «ВНИКТИ». – 2012. – №95.
2. ГОСТ Р 27.002-2009. Надежность в технике. Термины и определения [Текст]. – Введ. 2009-09-12. – М.: Стандартинформ, 2010. – IV, 27 с.
3. Перминов, В.А. О двух способах оценки уровня безотказности новых локомотивов в гарантийный период эксплуатации [Текст] / В.А. Перминов, Е.Е. Белова // Техника железных дорог. – 2012. – №1. – с. 30-34.
4. Расчет сетевого значения параметра потока отказов 3-го вида тепловозов ТЭМ18ДМ за гарантийный период эксплуатации [Текст]: техническое заключение № 18-2012-03 / ОАО «ВНИКТИ»; рук. Белова Е.Е., Филяев В.И. – Коломна, 2012. – 111 с.
5. ГОСТ Р МЭК 60605-6-2007. Надежность в технике. Критерии проверки постоянства интенсивности отказов и параметра потока отказов [Текст]. – Введ. 2007-27-12. – М.: Стандартинформ, 2008. – IV, 26 с.

~~Сетевой уровень безотказности маневровых тепловозов ТЭМ18ДМ в гарантийный период эксплуатации~~

~~Е.С. Васюков,
технический директор ЗАО «УК» БМЗ»~~

~~В.С. Говоров,
главный конструктор по тепловозостроению
ЗАО «УК «БМЗ»~~

~~Ю.В. Бабков,
к.т.н., первый заместитель генерального директора
ОАО «ВНИКТИ»~~

~~В.А. Перминов,
к.т.н., заведующий отделом ОАО «ВНИКТИ»~~

~~Е.Е. Белова,
инженер ОАО «ВНИКТИ»~~

~~Маневровые тепловозы серии ТЭМ18Д производства ЗАО «Управляющая компания «Брянский машиностроительный завод» начали поступать на сеть железных дорог ОАО «РЖД» с 2005 года (с № 220 тепловозу присвоен индекс ДМ). На 1 января 2012 года на сети находилось более 550 таких тепловозов, из которых с 2008 года на упомянутую дату введено в эксплуатацию порядка 350 тепловозов ТЭМ18ДМ.~~

~~Нижеследующие оценки сетевого уровня безотказности тепловозов выполнены на основе результатов работы выборки ТЭМ18ДМ, введенных в эксплуатацию в 2008–2011 годах.~~

~~В выборку вошли тепловозы, которые по состоянию на 1 января 2012 года завершили гарантийный период эксплуатации (2,5 года), всего 151 тепловоз. По результатам их работы~~