

Г85

Библиотека АШВА

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
ИМ. М.И. КАЛИНИНА

ГРИЦЕНКО ВАСИЛИЙ ЕГОРОВИЧ

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ БАНДАЖЕЙ
КОЛЕСНЫХ ПАР МАГИСТРАЛЬНЫХ ТЕПЛОВОЗОВ

Специальность 05.22.07 - "Подвижной состав и тяга поездов"

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Днепропетровск - 1975

НТБ
ДНУЖТ

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
ИМ. М.И. КАЛИНИНА

На правах рукописи

ГРИЦЕНКО ВАСИЛИЙ ЕГОРОВИЧ

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ БАНДАЖЕЙ
КОЛЕСНЫХ ПАР МАГИСТРАЛЬНЫХ ТЕШЛОВОЗОВ

Специальность 05.22.07 - "Подвижной состав и тяга поездов"

68/6a

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Днепропетровск - 1975

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА БІБЛІОТЕКА
Дніпропетровського національного
університету залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

НТБ
ДНУЖТ

Днепропетровский институт инженеров железнодорожного транспорта им. М.И. Калинина направляет Вам для ознакомления автореферат диссертации инженера В.Е. Гриценко.

Просим Вас и всех заинтересованных лиц Вашего учреждения принять участие в публичной защите диссертации или прислать овой отзыв в письменном виде в двух экземплярах, заверенный печатью Вашего учреждения, по адресу: г. Днепропетровск, 10, ул. Университетская, 2, ДИИТ.

Работа выполнена на кафедре "Локомотивостроение" Ворошиловградского машиностроительного института.

Научный руководитель - кандидат технических наук, доцент Горонович П.И.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор Тверития В.Н., кандидат технических наук Тютин В.И.

Ведущее предприятие - Ворошиловградский ордена Ленина и ордена Октябрьской революции тепловозостроительный завод имени Октябрьской революции.

Автореферат разослан " 4 " апреля 1975 года.
Защита состоится " 22 " мая 1975 года.

в 14 часов на заседании совета Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта (г. Днепропетровск, 10, улица Университетская, 2).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь совета факультетов,
кандидат технических наук, доцент

ТРЕТЬЯК Б.А.

НТБ
ДНУЖТ

Задачи, поставленные XIII съездом КПСС, предполагают дальнейшее развитие и совершенствование локомотивной тяги на железнодорожном транспорте. Решение этих задач требует создания надежных локомотивов с одновременным повышением их мощности и скоростей движения.

Опыт эксплуатации магистральных тепловозов показывает, что в настоящее время надежность их недостаточна и поддержание тепловозного парка в работоспособном состоянии влечет за собой значительные трудовые и материальные затраты.

Причиной такого положения является отсутствие достаточно эффективной системы обеспечения надежности как на этапе создания тепловоза, так и в процессе его эксплуатации.

Важнейшим условием реализации указанной системы должно быть использование методов прогнозирования уровней надежности, что даст возможность обоснованно разрабатывать нормативы надежности для включения в технические задания и технические условия, выполнять необходимые технико-экономические обоснования на должном уровне, выбрать систему технического обслуживания серийных и проектируемых локомотивов.

В настоящее время для локомотивов разработаны методы прогнозирования показателей надежности лишь по усталостной прочности рам тележек. Для прогнозирования показателей надежности деталей, подверженных механическому износу, подобных методов в области локомотивостроения еще не предложено.

Настоящая работа посвящена построению метода прогнозирования показателей надежности деталей, подверженных механическому износу, на примере изнашивания по кругу катания бандажей колесных пар магистральных тепловозов.

Результаты эксплуатации магистральных тепловозов свидетельствуют о том, что поддержание колесных пар в работоспособном состоянии вызывает значительные издержки на железных дорогах, а срок службы

бандажей по предельной толщине круга катания лимитирует межремонтные пробеги тепловоза в целом.

Цель диссертации – разработка принципов прогнозирования механического износа деталей и построение на их основе метода, позволяющего выполнить расчет срока службы бандажей колесных пар для магистральных тепловозов мощностью 4–6 и более тыс. л.с. в секции, а также для серийных тепловозов в новых условиях эксплуатации.

Процесс изнашивания деталей предложено рассматривать как случайный нестационарный процесс, а качественные характеристики изнашивания – как следствие воздействия на детали комплекса конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов и параметров.

Для решения поставленной задачи, начиная с 1967 года, изучался процесс изнашивания бандажей колесных пар магистральных тепловозов в различных условиях эксплуатации.

В результате исследования разработаны основные принципы и структура математической модели прогнозирования надежности, на основе которых предложен достаточно простой метод, позволяющий прогнозировать показатели надежности бандажей колесных пар магистральных тепловозов в зависимости от зоны эксплуатации, реализуемой производительности, технической скорости и некоторых конструктивных параметров.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и излагается на 165 страницах, включая 38 рисунков, 25 таблиц, 113 наименований использованной литературы и 11 страниц приложений.

В первой главе дан анализ основных элементов действующей в настоящее время системы обеспечения надежности тепловозов на ста-

НТБ
ДНУЖТ

для изготовления и в процессе их эксплуатации, рассмотрены связи этих элементов с использованием методов прогнозирования показателей надежности и возможности построения указанных методов.

Реализация эффективной системы обеспечения надежности тепловозов определяется степенью использования методов прогнозирования показателей надежности. Задача нормирования показателей надежности может быть разрешена, если представится возможным выполнить расчет этих показателей для проектируемых и перспективных тепловозов.

С точки зрения построения методов прогнозирования надежность рассматривается как комплексное свойство, определяемое конструкторскими, технологическими и эксплуатационными факторами.

Показано, что в данный период времени не накоплен достаточный объем информации, позволяющий решить задачу прогнозирования в аналитическом аспекте путем составления и решения систем соответствующих уравнений.

Проведен анализ работ по математическому моделированию процессов изнашивания деталей машин в различных областях техники. Установлено отсутствие единого подхода в вопросе количественного представления этих процессов. Отмечается, что построение методов прогнозирования надежности должно опираться в первую очередь на реальные процессы изготовления и эксплуатации изделий.

В области локомотивостроения разработаны методы расчета показателей надежности рам тележек локомотивов по усталостным разрушениям (ЦНИИ МПС, МИИТ). Методы прогнозирования надежности деталей, подверженных механическому износу, в этой области до настоящего времени не предложены.

НТБ
ДНУЖТ

Учитывая это, задачи исследования формулируются в следующем виде

1. Разработать общие принципы и структуру математической модели метода прогнозирования надежности деталей, подверженных механическому износу.

2. Определить фактические характеристики процессов изготовления и изнашивания бандажей колесных пар магистральных тепловозов и выделить наиболее существенные факторы и параметры, определяющие эти характеристики, в соответствии с указанными принципами и структурой.

3. Получить математические модели процессов изготовления и изнашивания бандажей, на основе которых разработать метод прогнозирования сроков службы по предельной толщине бандажей для серийных и перспективных тепловозов.

Вторая глава посвящена разработке метода прогнозирования надежности деталей, подверженных механическому износу.

Процесс изменения параметра надежности (износ, зазор и другие параметры, определяющие работоспособность детали или узла) предложено рассматривать как непрерывный случайный нестационарный процесс, описываемый случайной функцией $t(\ell)$. Характеристиками функции являются $M[t(\ell)]$, $D[t(\ell)]$, $f[t(\ell)]$ - соответственно математическое ожидание, дисперсия и плотность вероятности. Качественной характеристикой процесса $t(\ell)$ выбран показатель

$$a(\ell) = \left| \frac{d[M[t(\ell)]]}{d\ell} \right|, \quad (I)$$

который характеризует скорость изменения параметра надежности в функции наработки ℓ

Средний срок службы детали $L_{ср}$ по постепенно реализуемому отказу определится как предел интегрирования

НИИ
ДНУЖТ

$$\Delta t = \int_0^{L_{ep}} a(t) dt, \quad (2)$$

где Δt - допустимое изменение параметра надежности в процессе эксплуатации детали.

Одновременно с контролем параметра $t(l)$ предполагается контроль факторов и параметров x_k, x_r, x_s , определяемых соответственно конструкцией детали или узла, технологией её изготовления и условиями эксплуатации.

Показатель $a(l)$ отавится во взаимное однозначное соответствие параметрам x_k, x_r, x_s , затем отсеиваются несущественные величины. В результате представляется возможным построить зависимость качественной характеристики от существенных факторов.

Среднеквадратическое отклонение наработки до отказа предложено определять на основании выражения

$$\sigma_L = \frac{\sqrt{D[t(l)]}}{a(l)}. \quad (3)$$

Для априори заданного комплекса параметров X предлагается разбиение этих параметров на 2 группы. В первую группу входят параметры, имеющие стохастическую природу, с многомерной плотностью вероятности $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, а во вторую - параметры с детерминированными значениями.

Тогда для заданного комплекса параметров с учетом вышеуказанного разбиения качественную характеристику механического износа детали предложено определять по формуле

$$a_{np} = \iint \dots \int a(x_1, x_2, \dots, x_n) f(x_1, x_2, \dots, x_n) dx_1 dx_2 \dots dx_n + \sum_{j=1}^m \int_{x_{j0}}^{x_{j3}} \frac{\partial [a(x_j)]}{\partial x_j} dx_j, \quad (4)$$

НТБ
ДНУЖТ

где $-a(x_1, x_2, \dots, x_n)$ - математическая модель качественной характеристики в функции параметров I-ой группы, построенная на основе апостериорной информации ;

$a(x_j)$ - частные математические модели характеристики (a) по параметрам второй группы ;

x_{j0}, x_{j3} - базовое и заданное значения параметров второй группы ;

Ω - n - мерная область интегрирования.

Базовое значение параметров x_j соответствует средним условиям изготовления и использования детали.

На основании выражений (2,3,4) представляется возможным определить средний срок службы детали и его среднеквадратическое отклонение.

В большинстве случаев рассеивание параметров надежности по постепенным отказам может быть аппроксимировано нормальным законом распределения. Полученные значения L_{cp} и σ_L являются параметрами этого распределения и представляют исчерпывающую характеристику срока службы вновь проектируемых деталей и узлов.

В том случае, если закон распределения $t(\ell)$ для реальных деталей и узлов отличается от нормального, изучается плотность вероятности $f[t(\ell)]$ и её закономерности.

Для реализации предлагаемой методики в течении ряда лет проводились накопление и анализ статистических данных по работе бандажей колесных пар тепловозов серий 2ТЭ10Л, ТЭ10Л, ТЭ160, 2ТЭ109, ТЭЗ, У200 в различных условиях эксплуатации, анализировался также и процесс их изготовления.

С целью отбора необходимой статистической информации были

НТБ
ДНУЖТ

разработаны специальные учетные формы, позволяющие контролировать состояние бандажей колесных пар и комплекс факторов и параметров x_k , x_r и x_s .

Кроме того, во второй главе построены статистические модели механических свойств, химического состава и построечной толщины бандажей, выпускаемых ВТЗ.

В третьей главе рассмотрены закономерности возникновения отказов бандажей колесных пар магистральных тепловозов, исследовано влияние ряда факторов и параметров на характеристики износа по кругу катания.

Полным отказом бандажа является такое состояние, при котором невозможно его дальнейшее использование. Это состояние может быть вызвано предельной толщиной по кругу катания или трещиной, угрожающей безопасности движения. Состояние бандажа, при котором требуется исправление рабочей поверхности (переточка), вызывает перемежающийся отказ последнего.

Для магистральных тепловозов мощностью 3000 л.с. в секции установлено, что переточки бандажей колесных пар из-за предельного проката составляют 61,0 %, по устранению раковин на рабочей поверхности, ползунов и подрезов гребня - 36,4 %, по другим причинам - 2,6 %.

В соответствии с главой II настоящей работы процесс уменьшения толщины бандажа в функции пробега рассмотрен как непрерывный случайный нестационарный процесс.

Важным моментом при исследовании процессов изнашивания деталей машин является выбор функции, аппроксимирующей $M[\epsilon(\ell)]$ В настоящем исследовании в качестве функции, аппроксимирующей толщины бандажа в зависимости от пробега, выбран полином первой

НТБ
ДНУЖТ

степени, адекватный по статистическим критериям.

Качественная характеристика процесса изнашивания бандажей (Q) - скорость износа по кругу катания - находится в пределах $0,32 - 1,1 \text{ мм}/10^4 \text{ км}$ в зависимости от сочетания конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов.

С помощью уравнения (2) были определены сроки службы по минимально допустимой толщине бандажей колесных пар различных серий тепловозов. В результате расчетов средние значения сроков службы бандажей тепловозов составляют: по 2ТЭ10Л - северная зона 470-520 тыс. км, средняя зона - 840-890 тыс. км; по тепловозам ТЭП10Л и ТЭП60 - средняя зона - соответственно - 1000 и 1040 тыс. км.

Исследование закономерностей разброса величин, определяющих толщины бандажей $\delta [t(l)]$ относительно $t_{cp}(l)$, проведенные через 50 тыс. км пробега, показало, что разброс подчиняется нормальному закону распределения. При этом, среднеквадратическое отклонение составляет: для грузовых тепловозов - 1,6 мм, для пассажирских - 0,8 мм и практически не зависит от пробега колесной пары.

Для оценки влияния на безотказность возникновения раковин на рабочей поверхности бандажа и наличия ползунов и трещин использован параметр потока отказов $\omega(l)$. Расчеты показали, что значения $\omega(l)$ находятся в интервале $2,0 - 4,5 \text{ отказа}/10^6 \text{ км}$ и практически не зависят от наработки колесной пары. Последнее обстоятельство дает возможность использовать простое соотношение для оценки вероятности безотказной работы $P(l)$, имеющее следующий вид

$$P(l) = \exp\left(-\int_0^l \omega_{cp} dl\right), \quad (5)$$

где L - пробег, для которого определяется вероятность безотказной работы.

ИТЭ
ДНУЖТ

Из приведенных данных следует, что качественная характеристика процесса изнашивания бандажей по своим значениям колеблется в большом диапазоне. Следующим этапом работы являлось выявление причин такого разброса. Целый ряд наблюдений, проведенных в различных климатических зонах эксплуатации тепловозов в разное время года, позволил определить влияние среднемесячной температуры воздуха полигонов эксплуатации локомотивов на скорость износа бандажей, которое определилось для северной зоны выражением

$$Q_1 = \frac{1}{1,5 + 0,015 \text{ } ^\circ\text{C}} \frac{\text{мм}}{10^4 \text{ км}}, \quad (6)$$

где $^\circ\text{C}$ - среднемесячная температура воздуха полигона обращения локомотива, в градусах Цельсия.

Возрастание скорости износа круга катания бандажа с понижением температуры окружающей среды, вероятно, следует объяснить более интенсивным отделением деформированных частиц металла с его рабочей поверхности из-за ухудшения взаимодействия колеса с рельсом вследствие возрастания жесткости пути.

Интенсивность использования колесной пары тепловоза по износу предложено оценивать осевой суточной производительностью. Основанием этому послужили исследования связи между скоростью износа круга катания бандажей и осевой суточной производительностью. Обработка экспериментальных данных позволила записать эту зависимость в виде

$$Q_2 = (0,0645 + 0,226) + (6,13 + 7,04) \Pi \frac{\text{мм}}{10^4 \text{ км}}, \quad (7)$$

где Π - производительность в млн.ткм бр/сутки ось, представляющая собой суточную производительность тепловоза, отнесенную к одной колесной паре.

Выражение (7) естественно объясняется тем обстоятельством, что чем больше осевая суточная производительность, тем больше работа сил трения в контакте колеса с рельсом и соответственно

больше износ.

Исследования, проведенные ЛИИЖТом, показали, что интенсивность изнашивания бандажей колесных пар электровозов уменьшается с увеличением скоростей движения. Аналогичный вопрос рассмотрен в настоящей работе. В результате проведенного исследования представилось возможным записать уравнение

$$a_2 = (1,22 + 1,5) - (0,0108 + 0,0138) V_T \frac{\text{мм}}{10^4 \text{ км}}, \quad (8)$$

где V_T - соединительная скорость тепловоза на полигоне эксплуатации, км/час.

Следует заметить, что зависимость (8) справедлива для диапазона скоростей $V_T = 40 - 70$ км/час, т.е. диапазона наиболее характерного для грузовых магистральных локомотивов.

Как следует из уравнения (2), срок олу́бн бандажа может быть увеличен не только за счет улучшения показателя $a(t)$, но также и за счет увеличения величины допустимого износа круга катания путем увеличения первоначальной толщины бандажа, что рассмотрено в IУ главе настоящей работы.

Дополнительно было исследовано: влияние на процесс изнашивания бандажей химического состава материала, из которого они изготовлены, типа подвешивания тягового двигателя (опорно-рамное и опорно-осевое), конструкции тележки (челюстная и бесчелюстная), способа защиты от боксования колесных пар, параметров сочленения буксы с буксовыми направляющими челюстных тележек. Анализ показал, что в связи со значительной разницей в условиях эксплуатации локомотивов (погодные условия, различия в загрузке локомотива и т.д.), а также погрешностями в определении величин износов бандажей, заметного влияния вышеперечисленных факторов на скорость изнашивания бандажей обнаружить не удалось. По-видимому, для оценки влияния вышеперечисленных факторов на процесс изнашивания бандажей потребует-

оя постановка целенаправленных экспериментов (стендовых либо на строго фиксированном экспериментальном перегоне типа опытного кольца ЦНИИ МПС).

Резюмируя вышеизложенное можно сказать, что на основании данных реальной эксплуатации локомотивов с различной загрузкой на различных полигонах сети железных дорог СССР основными, наиболее вескими факторами, влияющими на скорость изнашивания бандажей по кругу катания следует считать: среднемесячные температуры окружающего воздуха на участках обращения локомотива; интенсивность его использования, выражаемая среднесуточной производительностью, отнесенной к одной колесной паре, и среднетехнической скоростью

Четвертая глава посвящена построению и исследованию математической модели прогнозирования надежности бандажей колесных пар. Математическая модель прогнозирования такой надежности представляет собой зависимость между сроком службы бандажа и соответствующей этому сроку вероятностью.

В связи с тем, что срок службы бандажа по его предельной толщине аппроксимируется нормальным законом распределения, плотность вероятности распределения срока службы бандажа имеет следующий вид

$$f(L) = \frac{1}{\sigma_L \sqrt{2\pi}} \exp - \left[\frac{(L - L_{cp})^2}{2\sigma_L^2} \right] \quad (9)$$

В соответствии с уравнениями (2) и (3), средний срок службы и его квадратическое отклонение выражаются

$$L_{cp} = \frac{\Delta t}{ka(L)} = \frac{t_0 - t_{cp}}{ka(L)}, \quad (10)$$

$$\sigma_L = \frac{\sigma(t)}{k \cdot a(L)}, \quad (10a)$$

НТБ
ДНУЖ

где K - коэффициент, учитывающий диаметр нового колеса по кругу катания. Коэффициент K определен из соотношения объемов изнашиваемого металла при различных величинах диаметра колеса из условия, что при $D_k = 1050$ мм толщина нового бандажа $t_0 = 76$ мм, а минимально допустимая в эксплуатации $t_{op} = 36$ мм и при $D_k = 1250$ мм соответственно $t_0 = 90$ мм и $t_{op} = 36$ мм, при этом связь между D_k и t_0 - линейна.

Точная формула для определения K получена в виде

$$K = \frac{0,16}{D_k^2 - (0,85 D_k + 0,0775)^2}, \text{ приближенная } K = \frac{1}{0,91 D_k^2},$$

где D_k выражено в м.

Показатель $a(l)$ в уравнениях (10) и (10а) определяется в зависимости от температуры окружающей среды ($^{\circ}C$), осевой суточной производительности (Π) и технической скорости (V_T) по формуле (4).

Температура окружающей среды в расчет принята как параметр I-ой группы, имеющий стохастическую природу. Поэтому первый член уравнения (4) с учетом (6) приобретает выражение

$$a' = \int_{^{\circ}C_1}^{\circ C_2} \frac{1}{1,5 + 0,015 \circ C} f(^{\circ}C) d^{\circ}C, \quad (II)$$

где $f(^{\circ}C)$ - плотность вероятности распределения среднемесячных температур окружающей среды для заданных условий эксплуатации локомотива; $^{\circ}C_1$ и $^{\circ}C_2$ - экстремальные значения температур.

Уравнение (6) определено для осевой производительности

$\Pi = 0,12$ млн. ткм бр/сутки, технической скорости $V_T = 50$ км/час и среднесуточного пробега тепловоза $l_{сут} = 500$ км,

т.е. для принятых базовых значений.

Для заданных условий эксплуатации в соответствии с уравнением (4) осевая суточная производительность и техническая скорость локомотива отнесены ко второй группе параметров, т.е. к параметрам с детерминированными значениями. Используя соотношения (7) и (8), а также разности между заданными и базовыми значениями Π и V_r , уравнение (4) запишется в виде

$$a'' = a' + \frac{\partial a}{\partial \Pi} \Delta \Pi + \frac{\partial a}{\partial V_r} \Delta V_r, \quad (12)$$

где $\frac{\partial a}{\partial \Pi}$ и $\frac{\partial a}{\partial V_r}$ - изменение скорости износа круга катания бандажа по осевой суточной производительности и технической скорости соответственно; $\Delta \Pi = \Pi_s - \Pi_b$, $\Delta V_r = V_{rs} - V_{rb}$ - разности между заданными и базовыми осевой суточной производительности и технической скорости тепловоза.

На основании вышеизложенного скорость износа по кругу катания бандажа приобретает вид

$$a'' = \int_{c_1}^{c_2} \frac{1}{1,5 + 0,015 c} f(c) dc + 6,66 \Delta \Pi - 0,0126 \Delta V_r, \quad (13)$$

Уравнение (8) позволяет определить гамма-процентный ресурс бандажей, представляющий собой долю бандажей (γ), которые не имеют предельной толщины по кругу катания после пробега колесной пары L_γ , т.е. с учетом (13)

$$\gamma = 1 - \frac{\kappa a''}{\sigma_t \sqrt{2\pi}} \int_0^{L_\gamma} \exp \left[- \frac{(L - \frac{L_t}{\kappa a''})^2}{2 (\frac{\sigma_t}{\kappa a''})^2} \right]$$

Результаты расчетов, выполненные в соответствии с уравнением (14) для $\gamma = 97\%$, представлены на рисунке.

НТБ
ДНУЖТ

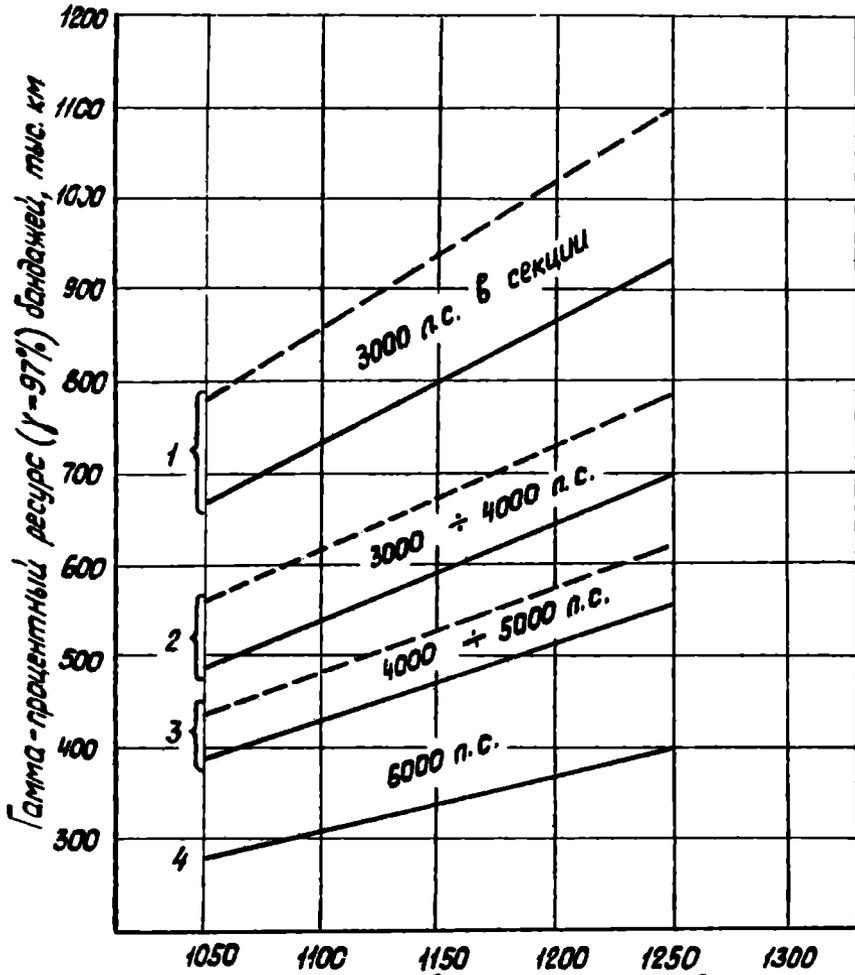


Рис. Зависимость гамма-процентного ресурса бандажей колесных пар магистральных грузовых тепловозов от диаметра колеса.

1, 2, 3, 4 - соответственно при осевой суточной производительности 0,09; 0,12; 0,15; 0,18 млн. ткм брось сутки
 — северная зона
 --- средняя зона

ДНУЖТ

Расчеты показателей надежности бандажей колесных пар тепловозов для Байкало-Амурской магистрали в соответствии с предложенным методом показали, что скорость износа бандажа по кругу катания (\dot{Q}) в зависимости от температуры окружающей среды, интенсивности использования тепловоза и диаметра колеса изменяется от 0,50 до 0,80 мм/10⁴ км, а средний срок службы последнего (L_{cp}) по предельной толщине составляет 500 - 1000 тыс. км.

Следует отметить, что предложенное уравнение (4) может быть использовано при изучении процессов нагружения и усталостной прочности деталей, представляя напряжения качественной характеристикой нагружения, а кривую Велера - случайным нестационарным процессом. Уравнение (4) при некоторых условиях не противоречит кумулятивной гипотезе Пальмгрена и критерию Бейли.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Важнейшим условием обеспечения надежности тепловозов в эксплуатации является использование методов прогнозирования показателей надежности тепловозных агрегатов, узлов и деталей при проектировании последних. Однако в отрасли тепловозостроения не предложены методы прогнозирования показателей надежности по механическому износу деталей, что не позволяет обосновать эти показатели при создании тепловозов и вести технико-экономические расчеты на должном уровне.

2. В настоящей работе предложены принципы построения метода прогнозирования механического износа деталей, на основе которых разработана методика расчета надежности бандажей колесных пар магистральных серийных и перспективных тепловозов.

3. Износ бандажа по кругу катания в функции пробега колесной пары рассмотрен как случайный непрерывный нестационарный процесс, а скорость износа - как первая производная от математического ожидания функции, описывающей этот процесс.

68/6a

4. Скорость износа предложено рассматривать как функцию комплекса конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов, подразделенных на 2 группы: 1-ю группу составляют факторы, имеющие стохастическую природу, 2-ю - факторы с детерминированными значениями.

5. Для априори заданного комплекса факторов скорость износа детали определяется как математическое ожидание этой скорости в функции факторов 1-ой группы и приращения её в частных производных от факторов второй группы.

6. В основу построения метода положены реальные процессы изготовления и изнашивания бандажей колесных пар различных серий магистральных тепловозов в основных климатических зонах страны.

7. Построены математические модели изнашивания бандажей, включающие в качестве аргументов пробег колесной пары, температуру воздуха участков обращения локомотива, осевую суточную производительность, среднетехническую скорость локомотива, диаметр колеса. В соответствии с пунктом 5 скорость износа бандажей тепловозов:

$$d^i = \int_{c_1}^{c_2} f(c) f(c) d^i c + \int_{\frac{\partial d}{\partial \pi}}^{\frac{\partial d}{\partial \pi}} d\pi + \int_{\frac{\partial d}{\partial v}}^{\frac{\partial d}{\partial v}} d^i v - \int_{c_1}^{c_2} \frac{1}{1.5 + 0.015^i c} f(c) d^i c + 6,66 \Delta \pi - 0,0126 \Delta v$$

8. В качестве статистической модели для прогнозирования срока службы бандажей по предельной толщине предложен нормальный закон распределения, основные числовые характеристики которого определяются на основе указанных выше моделей изнашивания.

9. В соответствии с предложенной методикой выполнены расчеты сроков службы бандажей колесных пар магистральных тепловозов мощностью 4,5 и 6 тыс. л.с. в секции. В зависимости от зоны эксплуатации, интенсивности использования тепловоза и диаметра колеса получены следующие значения гамма-процентного ресурса бандажей для $\gamma = 97\%$ при мощности 4000 л.с. 305+1403 тыс.км; при мощности 5000 л.с. 266+880 тыс.км. при мощности 6000 л.с. 241+701 тыс.км.

10. Предложенную методику можно применить при разработке разделов надежности для включения в технические задания и технические условия на проектирование и изготовление тепловозов, при проектировании ремонтных циклов тепловозов, расчете потребности в запасных частях, для производства необходимых технико-экономических обоснований.

11. Предложенные в настоящей работе основные принципы и структура математической модели изнашивания деталей могут быть использованы при создании методов расчета надежности для других элементов тепловоза.

Содержание диссертации опубликовано в следующих работах :

1. Высокое качество изделия - основа его надежности. Информационный листок УкрНИИТИ Госплана УССР. ЛЦНТИ, Луганск, 1969, (соавторы Смолкотин В.В., Максиманцев В.А.).

2. Повышение износостойкости бандажей колесных пар тепловозов 2ТЭ10Л. Тезисы республиканского совещания "Научные основы проектирования машин и автоматизация производственных процессов". ВЦНТИ, Ворошиловград, 1971 (соавторы Горонович П.И., Рогов А.И.).

3. Построение частных математических моделей надежности некоторых элементов колесно-моторного блока тепловоза 2ТЭ10Л и др. Вестник ХПИ, № 65, "Локомотивостроение", вып. 2, изд-во ХГУ, Харьков, 1972 (соавторы Горонович П.И., Никитин Э.Н., Рогов А.И., Тикуннов С.Т., Богомазов Ю.В., Пищемуха Б.Ф.).

4. О корреляционной связи между некоторыми механическими свойствами и пробегом ведомых колес тяговых редукторов при их эксплуатации в условиях Севера. Вестник ХПИ № 65, "Локомотивостроение", вып. 2, изд-во ХГУ, Харьков, 1972, (соавторы Горонович П.И., Никитин Э.Н., Пищемуха Б.Ф., Рогов А.И., Тикуннов С.Т., Богомазов Ю.В.)

5. Исследование эксплуатационной работоспособности элементов колесно-моторного блока тепловозов с различными типами подвешивания тяговых электродвигателей применительно к тепловозу У400. Сборник рефератов НИР и ОКР, серия Г6 "Железнодорожный и автомобильный транспорт", М., №4, 1973 (руководитель работы Горонович П.И.).

6. О методике прогнозирования надежности элементов экипажной части проектируемых и серийных магистральных тепловозов. Труды сетевой научно-технической конференции "Динамика и меры повышения эксплуатационной надежности локомотивов в условиях железных дорог Урала и Сибири", Омск, 1973 (соавтор Горонович П.И.).

Материалы диссертации доложены на: I-IV, VI координационных совещаниях служб надежности отрасли тепловозостроения и путевого машиностроения (1966-69, 1973 г.г.); научно-технических конференциях Ворошиловградского машиностроительного института, проводимых совместно с ВТЗ и Ворошиловградским филиалом ВНИТИ (1967-1974 гг.); республиканском совещании по научным основам проектирования машин и автоматизации производственных процессов (г. Ворошиловград, 1971г.); сетевой научно-технической конференции "Динамика и меры повышения эксплуатационной надежности локомотивов в условиях железных дорог Урала и Сибири" (г. Омск, 1972 г.); семинаре кафедр механического факультета и семинаре кафедры "Локомотивы и локомотивное хозяйство" Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта (1974 г.); сетевом научно-техническом совещании "Повышение надежности локомотивов и система их ремонта" (г. Омск, 1975 г.).

БВ00225. Подписано к печати 27.III - 1975 г. Формат 60 x 84.

I/16 п.л. I,25. Тираж 190. Заказ 122.

Ротапринт ВМИ, г. Ворошиловград, кв. Молодежный, д. 20-а