

РАЗДЕЛ III. ТЕХНОЛОГИЯ ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ



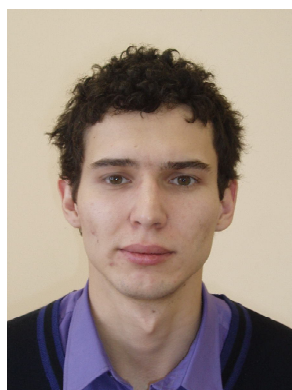
Каргин Владимир Анатольевич родился в 1937 г. В 1959 г. окончил Новосибирский электротехнический институт (НЭТИ). В настоящее время заведующий кафедрой «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин», доктор технических наук, профессор Сибирского государственного университета путей сообщения.

E-mail: ter@stu.ru



Кирпичников Антон Юрьевич родился в 1978 г. В 2000 г. окончил факультет «Строительные и дорожные машины» СГУПС по специальности «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные средства и оборудование». В настоящее время — начальник учебного сервисного центра Сибирского государственного университета путей сообщения.

E-mail: antokir@mail.ru



Игумнов Алексей Андреевич родился в 1988 г. В 2011 г. окончил факультет «Строительные и дорожные машины» СГУПС по специальности «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования». В настоящее время преподаватель кафедры «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин» Сибирского государственного университета путей сообщения.

E-mail: iaa@yandex.ru

УДК 629.331

В.А. КАРГИН, А.Ю. КИРПИЧНИКОВ, А.А. ИГУМНОВ

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАШИН

Обоснованная методика расчета остаточного ресурса агрегатов и узлов машин до предельного состояния свидетельствует о необходимости проведения углубленного диагностирования, технического обслуживания, капитального ремонта, базирующегося на сравнении диагностических параметров, изменяющихся с увеличением наработки.

Ключевые слова: *техническая эксплуатация, остаточный ресурс, техническое обслуживание, отказ, средняя наработка до отказа, диагностические параметры, техническое состояние машин.*

Повышение эффективности технической эксплуатации машинных парков может быть достигнуто при организации непрерывного мониторинга каждой из машин парка.

Для оценки состояния агрегатов, узлов, сопряжений или отдельных деталей существует множество диагностических признаков и параметров, по которым можно сделать заключение о техническом состоянии машины в целом.

При достижении параметром состояния S (структурным параметром) некоторой предельной величины наступает отказ конструктивного элемента. Вместе с тем связь между предельной величиной параметра и отказом имеет вероятностный характер, т.е. существует область его предельных значений, в которой происходит отказ элемента. Поэтому для прогнозирования наработки на отказ необходимо математическое описание процессов изнашивания агрегатов машин и их узлов. В этих узлах могут быть использованы подходы, рассмотренные, например, в работах Е.С. Кузнецова, В.А. Зорина [1, 2].

У значительной части узлов и деталей изменение технического состояния носит плавный, монотонный характер, при котором параметр технического состояния S изменяется от начального S_n до предельного S_n значений, как это показано на рис. 1.

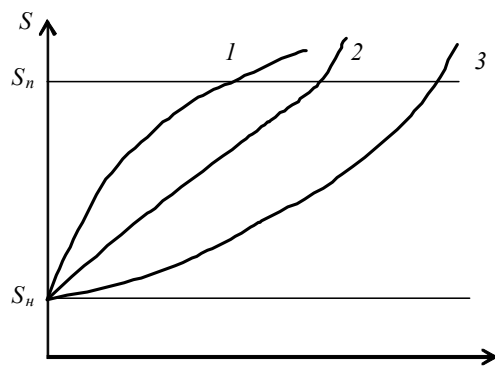


Рис. 1. Зависимость параметра состояния S от наработки t .

1 — упругое сопряжение, усталостный или кавитационный износ; 2 — пара трения; 3 — жесткое сопряжение, коррозионный износ (фреттинг-коррозия)

В случае постепенных отказов изменение параметра технического состояния конкретного элемента или среднего значения для группы элементов аналитически может быть описано целой рациональной (возрастающей или убывающей) функцией n -го порядка.

$$S(t) = S_n \pm a_1 t \pm a_2 t^2 \pm \dots \pm a_n t^n, \quad (1)$$

где $a_1, a_2, \dots, a_n$ — коэффициенты, определяющие характер зависимости параметра состояния от наработки t .

Для практических вычислений по (1) достаточно будет использовать члены до второго, максимум третьего порядков.

Но более предпочтительным для описания зависимости износа сопряжений от наработки с точки зрения возможности систематизации результатов анализа является использование степенной функции.

$$S(t) = S_n + V_n t^\alpha, \quad (2)$$

где V_n — скорость изменения параметра технического состояния; α — показатель степени, определяющий характер его изменения.

Показатели V_n и α определяются по результатам обработки предшествующей информации об изменении реализации параметров состояния для одного вида элементов машин.

Практически все узлы и системы подвержены постепенным отказам, обусловленным изнашиванием, причем время их износа может существенно различаться. Но так как в первую очередь необходимо минимизировать отказы «слабых звеньев», то при прогнозировании обслуживающих воздействий следует ввести их ранжирование по времени безотказной работы, показателем которой может служить линейная интенсивность изнашивания [2].

$$I = \frac{V_{\Sigma}}{A_a L}, \quad (3)$$

где I — интенсивность изнашивания; V_{Σ} — объем материала, удаленного на пути трения L ; A_a — номинальная площадь контакта.

Интенсивность изнашивания I является безразмерной величиной и может изменяться в широких пределах — от $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-12}$. Характерные значения интенсивности изнашивания различных деталей машин приведены в табл. 1.

Таблица 1

Интенсивность изнашивания типовых деталей машин

Изнашиваемая деталь	Интенсивность изнашивания I
Гильзы цилиндров двигателя ЯМЗ-236	$1,8 \cdot 10^{-12}$
Поворотные цапфы ходовой части автомобиля ЗИЛ-130	$1,6 \cdot 10^{-9}$
Детали экскаваторов:	
опорно-поворотные круги	$8,6 \cdot 10^{-11}$
шлицевой вал поворота	$5,3 \cdot 10^{-10}$
звездочка цепной передачи реверсного механизма	$7,3 \cdot 10^{-12}$
Соединения, муфты, малоподвижные подшипники, подвергаемые воздействию вибраций	$8 \cdot 10^{-6} - 8 \cdot 10^{-8}$

При износе машины происходит ухудшение ее начальных параметров, причем разные параметры, как это следует из табл. 1, изменяются в процессе эксплуатации с неодинаковой скоростью. Чтобы оценить потерю работоспособности машины в целом, надо установить зависимости между износом, сроками службы отдельных узлов, ее выходными параметрами.

Так как интенсивность изнашивания по (3), приведенная в табл. 1, характеризует объем материала, удаленного на пути трения, то при известной площади контакта и скорости относительно перемещения трущихся поверхностей V , случайная скорость изменения параметра технического состояния будет иметь следующий вид:

$$V_{\text{и}} = VI. \quad (4)$$

После обработки ряда реализаций можно получить средние значения $V_{\text{и}}$ и α . Так как среднеквадратические отклонения величины α для однотипных элементов малы, то этот параметр принимается неслучайным и изменяющимся в диапазоне 0–2 в зависимости от типа элемента.

В табл. 2 приведены примерные значения параметра α .

Дальнейшая задача состоит в определении реализации, отвечающей конкретному диагностируемому объекту. В общем случае, т.е. при неизвестном начальном значении $S_{\text{и}}$, проводится двукратное измерение параметров в моменты t_i и t_{i+1} , после чего уточняется или определяется параметр $V_{\text{и}}$ при известном α :

$$V_{\text{и}} = \frac{S_{i+1} - S_i}{(t_{i+1} - t_i)^{\alpha}}. \quad (5)$$

Таблица 2

Значения параметра α

Элементы машин	Значение параметра α
Плунжерные пары	1,1
Клапаны и коромысла механизма газораспределения	1,1
Опорные поверхности тарелки механизма газораспределения	1,1
Кривошипно-шатунный механизм	1,2–1,6
Кулачки (по высоте) распределительного вала	1,1
Подшипники качения скольжения	1,5
Посадочные гнезда корпусных деталей	1,0
Зубья (по толщине) шестерен	1,5
Шлицы валов	1,4–1,5
Валики, пальцы и оси	1,4
Сочленения гусеничных и втулочно-роликовых цепей	1,0
Фрикционные элементы тормозов и муфт сцепления	1,0

Подставляя (5) в (2), получим

$$S(t) = S_n + (S_{i+1} - S_i) \left(\frac{t}{t_{i+1} - t_i} \right)^\alpha. \quad (6)$$

Но если значение S_n известно, то достаточно однократного измерения параметра состояния S_i в момент t_i , а формула (6) будет иметь вид:

$$S(t) = (S_i + S_n) \left(\frac{t}{t_i} \right)^\alpha. \quad (7)$$

Кроме того, при известной или найденной по (3) скорости изменения параметра технического состояния V_n из (4) может быть определен параметр

$$\alpha = \frac{\ln(S_{i+1} - S_i) - \ln V_n}{\ln(t_{i+1} - t_i)}. \quad (8)$$

Рассмотренная методика позволяет найти остаточный ресурс $t_{\text{ост}}$, т.е. ресурс до предельного состояния, отсчитываемый от момента диагностирования t_{i+1} .

Рассматриваемая методика позволяет найти остаточный ресурс $t_{\text{ост}}$, т.е. ресурс до предельного состояния, отсчитываемый от момента диагностирования t_{i+1} . На рис. 2 приведена одна из частных реализаций параметра состояния: начальное состояние S_n и предельное — $S_{\text{п}}$.

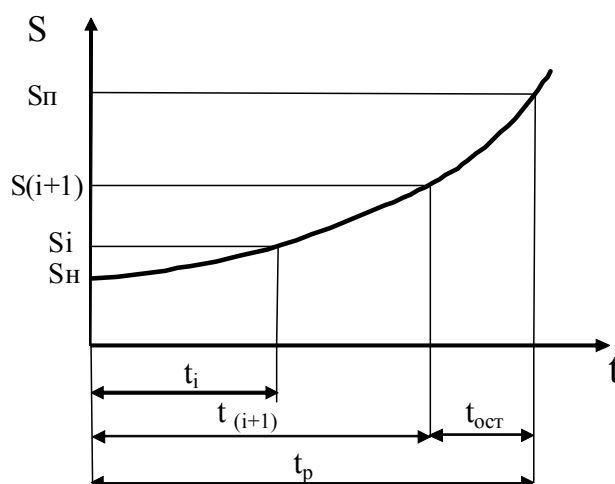


Рис. 2. Частная реализация параметра технического состояния

Значение параметра назначается по данным, приведенным в технической документации, или определяется методом экстраполяции.

Предельное значение параметра состояния

$$S_{\pi} = S_{\pi} + V_{\pi} t_p^{\alpha}, \quad (9)$$

где t_p — ресурс до предельного состояния.

Решая (9) относительно $t_{\text{ост}}$, получим

$$t_{\text{ост}} = t_{i+1} \left[\left(\frac{S_{\pi} - S_i}{S_{i+1} - S_i} \right)^{1/\alpha} - 1 \right]. \quad (10)$$

При определении остаточного ресурса по (11) исключаются из рассмотрения случайная скорость изменения параметра состояния V_{π} и его начальное значение S_{π} , т.е. величины, назначение которых вызывает определенные трудности.

Библиографический список

1. Кузнецов Е. С. Управление технической эксплуатацией автомобилей. М.: Транспорт, 1990. 272 с.
2. Зорин В. А. Основы долговечности строительных и дорожных машин. М.: Машиностроение, 1986. 248 с.

V.A. Kargin, A.Y. Kirpichnikov, A.A. Igumnov. The Estimation of Machine Operation.

In the work the design procedure of the aggregates remaining life and machinery units is proved. It confirms the necessity to provide the advanced diagnosis, maintenance and overhaul based on the diagnostic variable comparison changing within the running time increase.

Key words: *maintenance, remaining life, handling, detail failure, average running time before failure, diagnostic variable, machine operation.*