

мгновенная скорость участка ленты возрастает из-за приращения ведущего радиуса, что и вызывает наступление тормозного режима. В этом режиме промежуточный участок ленты между барабанами Б1 и Б2 нагружается усиленно большими, чем $S_{\text{н}}$, и в случае жесткой связи между приводными барабанами имеют место разрывы ленты на промежуточной ветви.

Для второй схемы такие явления будут отсутствовать.

Предлагается отдавать предпочтение обводу ленты по схеме II, устраняя при этом жесткую кинематическую связь между Б1 и Б2 установкой в редукторе на валу Б2 муфты предельного момента, что позволит:

- а) уменьшить износ ленты на более нагруженном барабане Б1, так как в контакте находятся чистые поверхности;
- б) снижается вероятность разрывов ленты на промежуточном участке;
- в) отсутствует тормозной режим;
- г) барабан Б2 использовать как подмоточный (чтобы при всех обстоятельствах гарантировать подмотку ленты на Б2, его угловая скорость ω_2 должна быть не менее $(1.01 - 1.015)\omega_1$);

Изложенные мероприятия существенно снижают износ лент и футеровок барабанов и обеспечивают стабильную высокую тяговую способность двухбарабанной конвейерной станции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шадрин Л.Г., Дмитриев В.Г. Теория и расчет ленточных конвейеров. М., Машиностроение, 1978.
2. Битаченко Н.Я., Высочкин Е.М., Завгородний Е.Х. Эксплуатационные режимы ленточных конвейеров. Киев, "Техника", 1974.
3. Адымчук В.М. Исследования тяговых способностей футерованных различными материалами приводных барабанов ленточных конвейеров. "Труды ВНИИПТМаш. Конвейеры", 1961, вып.9(30).

УДК 631.3-77: 621.436. 621.3.019

СЫРОМЯТНИКОВ П.С., инженер

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА НОРМАТИВНОЙ СКОРОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПО НОРМАТИВНОМУ ЗНАЧЕНИЮ ГАММА-ПРОЦЕНТНОГО РЕСУРСА ДЕТАЛИ *)

Для разработки методики расчета нормативной скорости изнашивания по нормативному значению гамма-процентного ресурса детали необходимо оценить вероятность безотказной работы поверхностей при заданной вероятности безотказной работы детали.

Для прямого расчета нормативной (гамма-процентной или средней) скорости изнашивания поверхностей деталей необходимы данные о нормативном ресурсе поверхности. Однако в руководящих нормативных докумен-

*) Работа выполнена при участии и руководстве проф. Поляисского А.Я.

тах задается гамма-процентный ресурс детали в целом, независимо от числа рабочих поверхностей, в связи с чем возникает задача оценки вероятности безотказной работы поверхностей по заданной вероятности безотказной работы детали до достижения ею заданной наработки.

Естественно, что точный аналитический расчет такой задачи также практически невозможен. В этой связи предлагается достаточно приближенная оценка вероятности безотказной работы детали для последовательной системы.

Введем обозначения: вероятность безотказной работы системы до достижения наработки t при независимых отказах ($r=0$) - $\gamma_c^{(0)}$, при зависимых отказах ($0 < r < 1$) - $\gamma_c^{(r)}$ и при полностью зависимых отказах ($r=1$) - $\gamma_c^{(1)}$; вероятность безотказной работы элемента - γ_3 [1,2].

$$\gamma_c^{(0)} = \gamma_3^n; \quad (1)$$

$$\gamma_c^{(1)} = \gamma_3; \quad (2)$$

$$\gamma_c^{(0)} \leq \gamma_c^{(r)} \leq \gamma_c^{(1)}, \quad (3)$$

где n - число элементов системы.

На рис. 1 приведен график, дающий представление об изменении вероятностей безотказной работы системы (при данном значении числа элементов) для граничных и промежуточных значений коэффициентов корреляции.

Оценку $\gamma_c^{(r)}$ при заданных γ_3 и n можно рассчитать, если знать зависимость изменения вероятности безотказной работы системы от степени тесноты связи между элементами, т.е. от парных коэффициентов корреляции между ресурсами элементов. При износовых отказах эти парные коэффициенты корреляции могут быть рассчитаны по износам поверхностей детали.

Если предположить, что вероятность безотказной работы в области значений $\gamma_c^{(0)} \leq \gamma_c^{(r)} \leq \gamma_c^{(1)}$ изменяются линейно относительно коэффициентам корреляции между элементами системы, то можно записать следующее соотношение (рис. 1)

$$\gamma_c^{(r)} = \gamma_c^{(0)} + (\gamma_c^{(1)} - \gamma_c^{(0)})r, \quad (4)$$

откуда с учетом (1) и (2) получим

$$\gamma_c^{(r)} = \gamma_3^n - r + \gamma_3^n(1-r), \quad (5)$$

Коэффициент парной корреляции рассчитывается по экспериментальным данным как среднее из всей корреляционной матрицы.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^m r_{ij}}{n}, \quad (6)$$

где r_{ij} – коэффициент корреляции между износами i -й и j -й поверхностей, m – число парных коэффициентов корреляции.

В табл. 1 приведены данные о вероятности безотказной работы системы $\gamma_c = 0,05$ для области значения $r = 0,3-0,9$ и $n = 2-10$, рассчитанные по зависимости (5)

ТАБЛИЦА 1. РАСЧЕТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ЭЛЕМЕНТОВ (вероятность безотказной работы системы 0,95)

Число элементов	Вероятность безотказной работы элемента γ_3 при r						
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
2	0,970	0,968	0,966	0,964	0,961	0,958	0,955
3	0,979	0,977	0,975	0,972	0,968	0,964	0,958
4	0,984	0,982	0,980	0,977	0,973	0,968	0,961
5	0,987	0,985	0,983	0,980	0,977	0,972	0,964
6	0,989	0,987	0,985	0,983	0,979	0,974	0,966
7	0,990	0,989	0,987	0,985	0,981	0,976	0,968
8	0,991	0,990	0,989	0,986	0,983	0,978	0,969
9	0,992	0,991	0,990	0,988	0,985	0,980	0,971
10	0,993	0,992	0,991	0,989	0,986	0,981	0,972

Как показали исследования, средние значения коэффициентов парной корреляции рабочих поверхностей основных деталей двигателей колеблется в пределах 0,7-0,9. Поэтому, при практических расчетах для деталей, имеющих 2-3 поверхности можно принять $\gamma_3 = 0,96$ при нормативном значении $\gamma_c = 0,95$ (см. табл. 1).

Как следует из табл. 2 число парных коэффициентов корреляции равно 10, а расчетное значение $r = 0,874$. При этом, если $\gamma_c = 0,95$, то при 5 поверхностях $\gamma_3 = 0,97$ (см. табл. 1)

ТАБЛИЦА 2. ПАРНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ ИЗНОСАМИ КОРЕННЫХ ШЕЕК КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

№ коренной шейки	Коренная шейка, номер				
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я
1-я	1	0,805	0,898	0,848	0,911
2-я	–	1	0,829	0,899	0,842
3-я	–	–	1	0,891	0,928
4-я	–	–	–	1	0,887
5-я	–	–	–	–	1

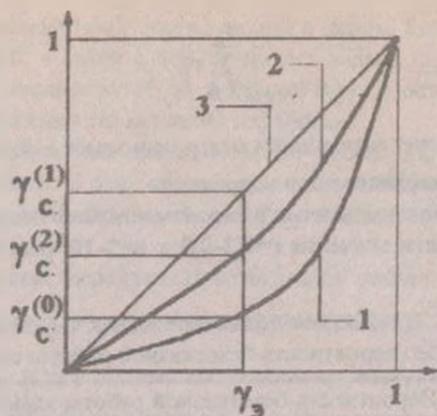


Рис. 1 РАСЧЕТНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ СИСТЕМЫ (γ_c) ОТ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ЕЕ ЭЛЕМЕНТОВ ($\gamma_э$) 1-при $r=0$; 2-при $0 < r < 1$; 3-при $r=1$

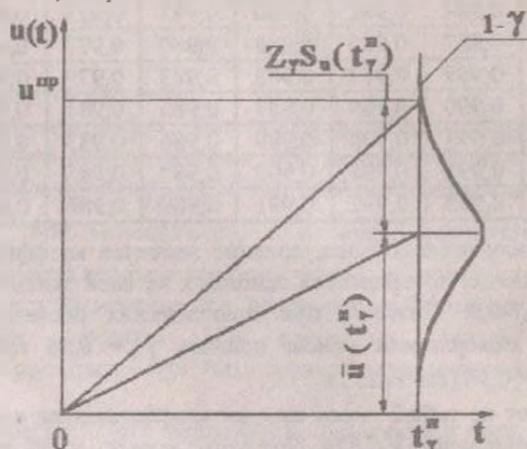


Рис. 2. РАСЧЕТНАЯ СХЕМА К ОПРЕДЕЛЕНИЮ НОРМАТИВНОЙ СКОРОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ

Методика расчета средней нормативной скорости изнашивания поверхностей заключается в следующем.

На рис.2 приведена расчетная схема для оценки гамма-процентной и средней нормативной скорости изнашивания.

Пусть $\gamma_э$ - нормативный гамма-процентный ресурс поверхности, тогда линию 1 (рис.2) можно рассматривать как граничную реализацию процесса изнашивания, за которой могут оказаться не более $(1-\gamma)$ процентов реализаций. Если построить график плотности вероятности износов при наработке, соответствующей t_γ , то за границу U^{np} выйдет $(1-\gamma)$ процентов значений износов.

В качестве примера в табл.2 приведена корреляционная матрица для износов коренных шпек коленчатого вала дизельного двигателя СМД-18Н

Среднюю нормативную скорость изнашивания при нормальном распределении износа можно определить из зависимости (см. рис.2).

$$U^{np} = \bar{U}(t_7^n) + Z_\gamma S_u(t_7^n) \quad (7)$$

где Z_γ - квантиль нормального распределения.

Разделив правую и левую часть на t_7^n и учитывая, что

$$\frac{U(t_7^n)}{t_7^n} = v^n \frac{S_u(t_7^n)}{t_7^n} = \frac{U(t_7^n)}{t_7^n} \frac{S_u(t_7^n)}{U(t_7^n)} = v^n V_U(t_7^n)$$

получим зависимость для оценки средней нормативной скорости изнашивания

$$v^n = \frac{U^{np}}{t_7^n (1 + Z_\gamma V_U(t_7^n))} \quad (8)$$

Поскольку гамма-процентный ресурс задается для детали в целом, то для определения нормативной средней скорости изнашивания поверхности необходимо по значению вероятности безотказной работы детали γ_c рассчитать вероятность безотказной работы поверхности γ_3 с учетом количества рабочих поверхностей детали для того же нормативного ресурса и по значению γ_3 определить по таблицам соответствующий квантиль нормального распределения Z_γ , используемый в зависимости (8).

Значение коэффициента вариации, исходя из нормального распределения износа, принимается равным 0,3. Квантиль нормального распределения для $\gamma = 0,95-0,99$ имеет следующие значения:

γ	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99
Z_γ	1,645	1,751	1,881	2,054	2,327

По расчетному значению нормативной средней скорости изнашивания определяется нормативное среднее значение износа за время контрольных испытаний двигателей. Сопоставление фактического среднего значения износа с его нормативным значением позволяет, согласно данной методике сделать заключение о соответствии фактического гамма-процентного ресурса детали нормативному гамма-процентному ресурсу.

Полученные результаты дают возможность оценить реальную безотказность системы и наметить пути повышения надежности и равнопрочности деталей двигателя

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ветцаль Е.С. Теория вероятностей - М. 1969г. - 576с. с ил
2. Гербух И.Б., Кордонских Х.Б. Модели отказов - М. Советское радио, 1966 - 166с.