

удк 687.053

В.С.Коваленко, канд. физ.-мат. наук, В.И.Ольшанский, канд. техн. наук, Х.С.Дусматов

### МЕТОДЫ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ШВЕЙНЫХ МАШИН

В настоящее время разработаны общие методы количественной оценки эксплуатационной надежности оборудования легкой промышленности. Эксплуатационную надежность швейных машин можно охарактеризовать с помощью единичных показателей (безотказность, долговечность и ремонтпригодность) или с помощью единичных (средняя наработка на отказ и среднее время восстановления) и комплексных показателей (коэффициент готовности и коэффициент технического обслуживания) [1].

Одним из простейших методов определения основных показателей эксплуатационной надежности является метод, основанный на статистической обработке результатов наблюдений. Основные показатели надежности определяются следующим образом:

средняя наработка на отказ

$$T_0 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^N t_i; \quad (1)$$

среднее время восстановления

$$T_B = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^N t_i^B; \quad (2)$$

коэффициент готовности

$$K_r = \frac{T_0}{T_0 + T_B}; \quad (3)$$

где  $N$  - количество наблюдаемых объектов;  $m$  - количество отказов;  $t_i$  - время наработки на отказ  $i$ -го объекта;  $t_i^B$  - время восстановления  $i$ -го объекта.

Оценка эксплуатационных показателей надежности, согласно (1)-(3), характеризует надежность всей машины, но не позволяет выявить "слабые", с точки зрения надежности, механизмы и узлы.

Основные источники отказов можно определить, исследовав каждый механизм машины с помощью вероятных методов [2], а за-

тем сравним полученные показатели надежности.

С помощью вероятного метода в работе [3] были проведены исследования влияния отказов различных механизмов на надежность швейной машины класса 1022М. Установлено, что основной причиной снижения надежности при работе по тяжелым тканям является несовершенство механизма челнока.

В основе другого метода исследования надежности швейных машин лежит параметрический принцип, который предполагает использование вместо данных об отказах результатов наблюдений за изменением параметров при испытаниях. Отказ по параметру квалифицируется как несоблюдение накладываемых на его значения условий работоспособности. Критерием отказа может быть выход параметра за пределы допустимых значений. Для исследования надежности швейной машины или полуавтомата нами предлагается выбрать в качестве основного параметра натяжение игольной нити, так как оно оказывает наибольшее влияние на качество выполнения стежка и регистрировать его довольно просто.

С целью получения информации о закономерностях изменения натяжения игольной нити во времени были сняты осциллограммы натяжения. Эксперимент проводился при числе оборотов главного вала  $n = 4150$  об/мин для швейной машины класса 1022М. Осциллограммы показали, что натяжение игольной нити  $\xi(t)$  изменяется во времени детерминированно с наложением случайных отклонений, т.е.

$$\xi(t) = Q(t) + \gamma(t),$$

где  $Q(t)$  - детерминированная периодическая составляющая параметра,  $\gamma(t)$  - флуктуации параметра.

Таким образом, полный статистический анализ натяжения игольной нити предполагает выделение детерминированной и случайной составляющих для отдельной реализации и для ансамбля в целом. Методика такого статистического анализа описана в работе [4]. Нами предлагается поставить задачу более узко и ограничиться исследованием параметра в моменты времени, наиболее "опасные" для ухода параметра за пределы допустимых значений. Такой подход позволяет свести анализ случайной функции к анализу случайной последовательности параметра. Результаты наблюдений как по единичному экземпляру, так и по ансамблю пока-

зывают, что наиболее "опасными" являются моменты затыжки.

Случайная последовательность

$$\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$$

полностью определяется, если для любого натурального  $k$  известен  $k$  - мерный закон распределения, например, плотность вероятности

$$f(x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_k}).$$

Однако если надежность швейной машины характеризуется такими параметрами, как среднее число выбросов за пределы допустимого уровня, то достаточно располагать одномерной и двумерной плотностями вероятности. Предположим, что допустимый уровень натяжения игольной нити равен  $a$ . Тогда вероятность того, что в момент  $j$  выброса нет, а в момент  $j+1$  произойдет выброс, определяется равенством

$$p_j(a) = \int_{-\infty}^a dx_{i_j} \int_a^{\infty} f(x_j, x_{j+1}) dx_{j+1}.$$

В случае стационарной последовательности вероятность  $p_j(a)$  не зависит от  $j$  ( $p_j(a) = p(a)$ ). Среднее число выбросов  $\bar{n}_a$ , приходящихся на промежуток времени  $(0, T)$ , находится по формуле

$$\bar{n}_a = T \cdot p(a), \quad (4)$$

а среднее время требования натяжения выше допустимого уровня  $a$

$$\bar{t}_a = T \int_a^{\infty} f(x) dx$$

в течение одного выброса будет иметь вид

$$\bar{t}_a = \frac{Ea}{\bar{n}_a}.$$

Анализ реализаций последовательностей натяжения игольной нити для швейной машины класса I022M при заводской регулировке и при заданных условиях в моменты затыжки показывает, что с определенной степенью точности эти последовательности можно принять стационарными. Поэтому в дальнейших расчетах используются формулы (4) - (5), а при оценке одномерной плотности вероятности усреднение по реализациям заменяется усреднением по времени.



Для случайной последовательности натяжений в моменты затяжки на основании сгруппированного ряда распределения и соответствующей гистограммы можно выдвинуть гипотезу о том, что одномерная плотность вероятности натяжения игольной нити распределена по закону

$$f(x) = \frac{\rho}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a_1)^2}{2\sigma_1^2}} + \frac{1-\rho}{\sigma_2 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a_2)^2}{2\sigma_2^2}}$$

Экспериментально получены следующие точечные оценки параметров распределения:

$$a_1 = 2,9 \text{ Н}, \quad a_2 = 5,1 \text{ Н}, \quad \sigma_1 = 0,356 \text{ Н}, \quad \sigma_2 = 0,418 \text{ Н}, \\ \rho = 0,682.$$

С помощью критерия Пирсона была проведена проверка адекватности модели. Оказалось, что при уровне значимости 0,05 нет оснований для отклонения гипотезы (6).

Проведем оценки характеристики надежности (4) и (5), предположив, что при затяжке в различные моменты времени натяжения игольной нити статистически независимы. В этом случае

$$f(x_j) f(x_{j+1}) = f(x_j, x_{j+1}),$$

и на основании (6)

$$p(a) = \frac{1}{4} - \left( \rho \Phi\left(\frac{a-a_1}{\sigma_1}\right) + (1-\rho) \Phi\left(\frac{a-a_2}{\sigma_2}\right) \right)^2,$$

где

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt.$$

Среднее число выбросов  $\bar{v}_a$  за допустимый уровень  $a$  в единицу времени находится следующим образом:

$$\bar{v}_a = \bar{n}_a / T = p(a).$$

Тогда из (5) получаем

$$\bar{t}_a = \frac{1}{\frac{1}{2} + \rho \Phi\left(\frac{a-a_1}{\sigma_1}\right) + (1-\rho) \Phi\left(\frac{a-a_2}{\sigma_2}\right)}$$

Если  $a = 4,5 \text{ Н}$ , то

$$\bar{v}_a = 0,2075 \text{ с}^{-1}, \quad \bar{t}_a = 1,416 \text{ с}.$$

Таким образом, один выброс происходит в среднем за 5 с, а средняя продолжительность пребывания натяжения выше заданного уровня в течение одного выброса составляет 1,5 с. Эти данные показывают, что надежность швейной машины в условиях испытаний

при числе оборотов главного вала  $n = 4150$  об/мин не соответствует техническим условиям (ТУ).

Сравнительный анализ выбросов с учетом количества обрабатываемых стежков выполним следующим образом.

Найдем время образования одного стежка:

$$t_1 = \frac{60}{n} = \frac{60}{4150} = 0,0144 \text{ с.}$$

В течение выброса одного стежка (5 с) обрабатывается количество стежков

$$K_{ст} = \frac{5}{0,0144} = 347,$$

что в переводе на обрабатываемую длину при величине стежка  $l = 2,5$  мм составляет  $L = 347 \cdot 2,5 = 868 \text{ мм} \approx 0,9 \text{ м.}$

Количество отказов, регламентируемых ТУ, - не более двух обрывов при длине строчки 25 м.

Таким образом, фактическое количество стежков, обрабатываемое без отказов ( $K_{ст}$  факт), на порядок меньше количества стежков, предусмотренного ТУ.

Следовательно, превышение регламентируемого скоростного режима работы швейной машины класса 1022М резко уменьшает надежность функционирования петлеобразующих механизмов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поливанов С.Ю., Сиротников Э.А. Пути повышения надежности швейных машин на ПМЗ им. М.И.Калинина. М.: ЦНИИТЭИлегпищемаш, 1976.
2. Кочергин А.И. Основы надежности металлорежущих станков. Мн.: Вышэйш. шк., 1982.
3. Ольшанский В.И., Коваленко В.С., Романюк Е.И. Оценка эксплуатационной надежности швейных машин 1022 класса ОЗЛМ/Изь. вузов. Технологии легкой пром-сти. 1984. № 4. С. 108 - 111.
4. Надежность в технике. Методические рекомендации. М., 1980.