

В.И.Ольшанский, В.П.Терентьев

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ШВЕЙНЫХ МАШИН
ПО КРИВЫМ НАТЯЖЕНИЯ ИГОЛЬНОЙ НИТИ

Современные промышленные швейные машины - сравнительно сложные механические системы, обеспечивающие образование необходимой строчки в шиваемом материале при высоких скоростях. К этим машинам как основному технологическому оборудованию швейных фабрик предъявляются высокие требования (учитываются эффективность, качество работы и надежность).

В настоящее время хорошо разработаны общие методы количественной оценки эксплуатационной надежности оборудования легкой промышленности. Эксплуатационную надежность швейных машин можно охарактеризовать как группой единичных показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности, так и сочетанием единичных и комплексных показателей [1]. Предлагаемая в этом случае номенклатура представлена в виде сочетания единичных показателей (средняя наработка на отказ, среднее время восстановления) и комплексных (коэффициент готовности и коэффициент технического обслуживания).

Наиболее полное представление о качестве работы швейных машин дают методы параметрической надежности. Они базируются на использовании моделей отказов, интерпретирующих реальные физические процессы, которые протекают при взаимодействии всех петлеобразующих механизмов швейных машин. Основным препятствием для широкого применения методов параметрической надежности в оценке качества швейных машин является отсутствие четких критериев, характеризующих собственно процесс образования стежка и взаимодействие петлеобразующих механизмов и устройств.

Функционирование любой механической системы характеризуется различными параметрами [2]. Свойство системы сохранять значения основных технических параметров, обеспечивающих ее работоспособность, называется параметрической надежностью. Выход параметра за пределы допустимых значений приводит, как правило, к потере работоспособности. Само же изменение параметра связано с взаимодействием многих элементов системы и

носит случайный характер. Поэтому при исследовании работоспособности механической системы, например швейной машины, вся совокупность параметров рассматривается как случайная функция.

В данной работе в качестве основного технического параметра, характеризующего работоспособность швейной машины, выбрана кривая натяжения игольной нити. Анализ зарегистрированных реализаций натяжения игольной нити как по единичному экземпляру, так и по ансамблю показал, что данный случайный процесс (в первом приближении) можно отнести к модели выбросов стационарной эргодической случайной функции с мгновенными отказами [3]. В этом случае отказы возникают при выбросах за постоянный уровень α реализаций стационарного эргодического случайного процесса:

$$X(t) = Q + c(t) = Q + \sigma_c n(t), \quad (I)$$

где Q, σ_c - детерминированные величины; $n(t)$ - нормированный нормальный стационарный случайный процесс; $\overline{n(t)} = 0$;

$\sigma_n^2 = 1$; $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} K_n(\Delta t) = 0$. Закон распределения наработки до первого выброса предполагают (см. работу [2]) экспоненциальным с плотностью вероятностей

$$f(t) = \lambda_a \exp(-\lambda_a t),$$

где λ_a - интенсивность первых выбросов.

Однако промышленные швейные машины даже одного класса различаются исходным качеством изготовления и уровень α становится случайным, как и среднее значение Q реализаций. В подобных случаях отказы имеют место по схеме мгновенных повреждений, причем с математической точки зрения все такие модели могут быть приведены к одной, а именно: к модели со случайным средним значением реализаций. Плотность вероятностей наработки до первого выброса при этом определяют рандомизацией плотности $f(t; Q)$, полученной по формуле (I):

$$f(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t; \alpha) f(\alpha) d\alpha.$$

Обработка реализаций кривых натяжения игольной нити швейных машин класса 97-А, класса IO22 ОЗЛМ показывает, что основные трудности в определении плотности вероятностей $f(t)$

возникают из-за отсутствия возможностей точного выражения интенсивности λ_a первых выбросов как функции уровня a и вероятностных характеристик случайного процесса, так как невозможно зарегистрировать натяжение игольной нити в момент ее обрыва.

Приближенно надежность можно оценить, предполагая то, что при сравнительно высоком уровне a , когда вероятность появления отказа еще мала, интенсивность λ_a первых выбросов несущественно отличается от интенсивности λ_a выбросов вообще. Тогда надежность можно оценить с использованием функции

$$R_v(\tau) = \exp \left\{ -\frac{\Gamma}{2\pi} \operatorname{sech} \left[-\frac{(a - \theta^2)}{2\sigma_c} \right] \right\}, \quad (2)$$

где S - дисперсия производной $\dot{n}(t)$ случайного процесса $n(t)$. Выражение (2) является хорошей нижней оценкой для $R_v(\tau)$ в области высоких значений надежности. При случайном $\theta \sim N[\bar{\theta}, \sigma_a]$ рандомизацией получают, что

$$R_v(\tau) = \exp \left\{ -\frac{S\sigma_c}{4\sqrt{\pi}} \left[1 - \frac{2\Phi(a + \bar{\theta})}{\sqrt{2}\sigma_a\sigma_c} \right] \exp \left[-\frac{(a - \bar{\theta})^2}{4\sigma_c^2\sigma_a^2} \right] \right\};$$

где $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp(-\frac{y^2}{2}) dy$ - функция Лапласа.

Более точные результаты получают при обработке реализаций кривых игольной нити по максимумам натяжения, предполагая двухинтервальный нормальный закон распределения плотности вероятностей

$$f(t) = P f_1(t) + (1-P) f_2(t),$$

где $f_1(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_1} e^{-\frac{(x-a_1)^2}{2\sigma_1^2}}$ с вероятностью P ;

$f_2(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_2} e^{-\frac{(x-a_2)^2}{2\sigma_2^2}}$ с вероятностью $(1-P)$;

$$a_1 = \frac{\sum m_u X_u}{n_1}; \quad a_2 = \frac{\sum m_l X_l}{n_2};$$

m_i, m_j - соответствующие частоты максимумов натяжений для вероятностей P и $(1-P)$; n_1, n_2 - количество реализаций с вероятностями P и $(1-P)$.

Проверка гипотезы о двухинтервальном нормальном законе распределения плотностей вероятностей по критерию Пирсона показала соответствие эксперимента $\chi^2_{кр}$ критическому значению $\chi^2_{кр}$ при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Л и т е р а т у р а

1. Поливанов С.Ю., Сиротников Э.А. Пути повышения надежности швейных машин на ГМЗ им. М.И.Калинина // Реф. журн. М.: ЦНИИТЭИлегпищемаш, 1976. 41 с.
2. Герцбах И.Б., Кордонский Х.Б. Модели отказов. М.: Сов. радио, 1966. 166 с.
3. Балцерс Э.А., Салениекс Н.К. // Точность и надежность механических систем / РПИ. Рига, 1981. С. 5 - 22.

В.И.Толокольников, В.К.Капустин, М.С.Носов, В.В.Озеров

СТЕНД ПРОГРАММНЫХ ИСПЫТАНИЙ ШВЕЙНЫХ МАШИН

Снижение трудозатрат, повышение технического уровня инженерных решений и надежности работы промышленных швейных машин связано с разработкой высокоэффективных методов и средств автоматизированных стендов программных испытаний (СПИ). В связи с тем, что большинство рабочих процессов швейных машин направлено на стабильное образование челночного стежка, то создание СПИ требует разработки измерительных систем для большинства наиболее информативных параметров работы машин челночного типа. В результате анализа работы петлеобразующих механизмов, механизмов транспортирования и ряда устройств швейных машин определены квазистатические и динамические параметры оценки работоспособности.