

УДК 677.054.001.57

ВЛИЯНИЕ ТОЧНОСТИ МЕХАНИЗМА ПРОКЛАДЫВАНИЯ УТКА НА ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ СТАНКА СТБ

Л. М. ПЕТРОВСКАЯ, В. С. ПЕТРОВСКИЙ

(Костромской государственной технологической университет)

Погрешности механизма прокладывания утка вследствие неточности изготовления и износа деталей приводят к относительному смещению центров прокладчика и возвратчика [1]. Зазоры между деталями (рис. 1) с правой (z_1) и с левой (z_2) сторон от возвратчика становятся неодинаковыми:

$$z_1 = s/2 - x, \quad z_2 = s/2 + x, \quad (1)$$

где $s = l_2 - l_1$ — действительный зазор;

x — относительное смещение центров прокладчика (1) и возвратчика (2).

Поскольку действительный зазор s и смещение x являются случайными величинами, распределенными по нормальному закону, зазоры z_1 и z_2 — нормально распределенные случайные величины.

Если один из зазоров z_1 или z_2 меньше нуля, то наблюдается соударение деталей, приводящее к отказу, потере нити прокладчиком. Если величина смещения превысит зазор $s_1 = l_3 - l_1$, то отказом будет поломка деталей. Далее рассматриваем только первый вид отказов.

Вероятность столкновения правого края губок возвратчика с прокладчиком

$$P_1 = P(z_1 < 0) = 0,5 - \Phi(u_1), \quad (2)$$

где $\Phi(u)$ — функция Лапласа;

$u_1 = M(z_1)/\sigma_{z_1}$ — квантиль нормального распределения;

$M(z_1)$, σ_{z_1} — математическое ожидание и дисперсия зазора z_1 .

Аналогично для левого края

$$P_2 = 0,5 - \Phi(u_2), \quad (3)$$

где $u_2 = M(z_2)/\sigma_{z_2}$.

Одновременное столкновение правого и левого краев губок прокладчика и возвратчика невозможно, то есть эти события несовместимы. Тогда вероятность столкновения деталей левым или правым краем

$$q_1(t, \tau) = P(z_1 < 0 \cup z_2 < 0) = (0,5 - \Phi(u_1)) + (0,5 - \Phi(u_2)). \quad (4)$$

На станке устанавливается несколько прокладчиков. Отказ любого из них вызывает останов станка, поэтому вероятность безотказной работы механизма будет равна произведению вероятностей безотказной работы прокладчиков [2]:

$$P(t, \tau) = \prod_1^N P_i(t, \tau) = \prod_1^N (1 - q_i(t, \tau)), \quad (5)$$

где τ — время работы комплекта прокладчиков, ч;

$$\tau = N/60n; \quad (6)$$

N — количество прокладчиков в комплекте;

n — частота вращения главного вала.

Тогда параметр потока отказов

$$\omega(t, \tau) = \frac{1 - P(t, \tau)}{\tau} = \frac{60n}{N} \left(1 - \prod_1^N (1 - q(t, \tau)_i)\right). \quad (7)$$

На основе приведенной методики с учетом [1] разработана имитационная модель в предположении, что механизм изготовлен с погрешностями, величины которых находятся в пределах допуска на изготовление. Интенсивность J износа определялась по фактическим размерам изношенных деталей:

$$J = (d_n - d_m)/t, \quad (8)$$

где d_n — размер новой детали, соответствующий середине поля допуска;
 d_m — средний размер изношенных деталей;
 t — время эксплуатации станка.

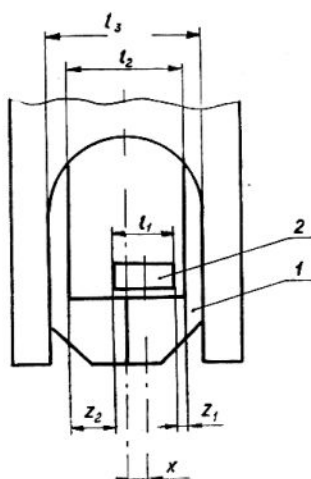


Рис. 1.

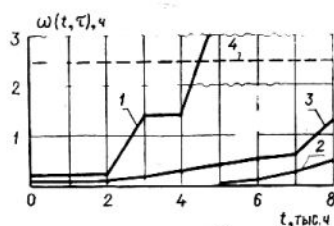


Рис. 2.

За отказ принято столкновение губок прокладчика и возвратчика, приводящее к потере уточной нити.

На рис. 2 кривые 1 и 2 — реализации, полученные на имитационной модели; 3 — изменение средней обрывности утка вследствие неточности механизма; 4 — средняя обрывность утка в условиях ткацкой фабрики АО «Лен» г. Костромы. Как видно, для некоторых машин неточность изготовления и износ могут быть основной причиной обрывов утка. Средняя величина параметра потока отказов незначительно изменяется со временем. Для промежутка времени, равного среднему времени между обрывами утка, параметр $\omega_{\text{ср}}$ потока отказов изменяется не более чем на 0,25%. С учетом этого далее принимали, что $\omega_{\text{ср}} = \text{const}$, а время между отказами распределено по экспоненциальному закону. Показатели надежности в этом случае зависят от параметра потока отказов $\omega(t, \tau) = \omega$:

вероятность отказа

$$q(t, \tau) = 1 - \exp(-\omega\tau); \quad (9)$$

вероятность безотказной работы

$$P(t, \tau) = \exp(-\omega\tau); \quad (10)$$

плотность вероятности времени между отказами

$$f(t, \tau) = \omega \exp(-\omega\tau); \quad (11)$$

средняя наработка на отказ

$$T_{\text{ср}} = 1/\omega. \quad (12)$$

Для решения обратной задачи допустим, что вероятности столкновения деталей правым и левым краями равны; вероятность отказа всех прокладчиков в комплекте одинакова и мала $q_1 \ll 1$. При этих допущениях формулы (4) и (5) принимают вид

$$q_1(t, \tau) = 1 - 2\Phi(u), \quad (13)$$

$$\omega(t, \tau) \approx q_1 \cdot 60n. \quad (14)$$

Исходными данными для расчета служат средняя наработка на отказ $T_{\text{ср}}$ и величина зазора между прокладчиком и возвратчиком ($S_{\text{ср}}$, T_s — средний зазор и допуск зазора).

При средней наработке $T_{\text{ср}}$ на отказ по формулам (12) и (14) определяем вероятность отказа

$$\omega(t, \tau) = 1/T_{\text{ср}}, \quad (15)$$

$$q_1(t, \tau) = \omega/60n. \quad (16)$$

Находим квантиль u нормального распределения из условия (13). Подставляя значение зазора из (1) в (2) и принимая математическое ожидание и дисперсию, после преобразования получаем

$$T_x = 6\sqrt{(S_{\text{ср}}^2/4u^2) - (T_s^2/144)}, \quad (17)$$

где T_x — допуск относительного смещения деталей.

Таким образом, задача сводится к решению размерной цепи. После

определения средней точности последней устанавливаем допуски на составляющие звенья.

Поскольку при расчете обратной задачи приняты допущения, после назначения допусков производится проверочный расчет на имитационной модели. Если требуемое значение $T_{\text{ср}}$ не достигнуто, то допуски изменяют и расчет повторяют.

ВЫВОДЫ

1. Время между отказами (незахватом уточной нити) из-за неточности механизма распределяется по экспоненциальному закону.
2. Разработана имитационная модель, позволяющая по известной точности механизмов определять показатели надежности.
3. Предложена методика расчета точности механизма по средней наработке на отказ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петровский В. С., Петровская Л. М. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 1997, № 2.
2. Пирогов К. М., Вяткин Б. А. Основы надежности текстильных машин: Учебник для вузов. — М.: Легпромбытиздат, 1985.

Рекомендована кафедрой технологии конструкционных материалов и ремонта текстильных машин. Поступила 21.06.96.
