

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ПЕРЕДАЧИ ВИНТ-ГАЙКА СКОЛЬЖЕНИЯ

Среди механизмов, применяемых для преобразования вращательного движения в поступательное, большую роль играют винтовые передачи. По своему назначению они подразделяются на грузовые и ходовые. Причём для обоих случаев характерно применение передач винт-гайка с трением скольжения (ВГС).

В процессе эксплуатации передач ВГС под действием различных факторов происходит изменение работоспособного состояния передачи, которое приводит к отказу устройства. Причём для грузовых передач характерным является отказ функционирования, что часто связано с поломками или заклиниванием отдельных узлов, а для ходовых передач – параметрические отказы, то есть передача становится неработоспособной с точки зрения требований, установленных техническими нормативами. Такими отказами являются нарушение точности передачи, падение КПД и другие повреждения, которые не ограничивают возможность дальнейшего функционирования передачи. Эти отказы наиболее часто встречаются в тяговых устройствах металлорежущих станков, которые обеспечивают точность обработки деталей, причём до 60% всех отказов в передачах ВГС являются отказы по параметру точность перемещения [1].

Оценку параметрических отказов передач ВГС можно производить по методике, предложенной профессором, д.т.н. А.С.Прониковым, используя предложенную им общую схему потери работоспособности изделия [2], определяются основные показатели надёжности: вероятность безотказной работы $P(t)$ и коэффициент запаса надёжности по выходному параметру K_T .

Вероятность безотказной работы будет определяться по формуле:

$$P(t) = 0,5 + \Phi \left(\frac{\delta - \sum \Delta_i}{\sqrt{\sum \sigma_i^2}} \right), \quad (1)$$

где Φ – нормированная функция Лапласа; δ – допуск на выходной параметр; $\sum \Delta_i$ – суммарное значение систематических составляющих погрешностей, формирующих выходной параметр; σ_i – значение средних квадратических отклонений погрешностей, формирующих выходной параметр.

Вероятность безотказной работы $P(t)$ изделия не всегда является достаточной для оценки параметрического отказа изделия, так как при наличии запаса надёжности изделия δ_T по выходному параметру значение показателя $P(t)$ стремится к 1, в этом случае необходимо использовать коэффициент запаса надёжности K_T . Когда $K_T=1$, тогда наступает параметрический отказ.

Коэффициент запаса надёжности по выходному параметру рассчитывается по формуле:

$$K_T = \frac{\delta}{\delta - \delta_T}, \quad (2)$$

где δ_T – запас надёжности по выходному параметру.

Запас надёжности по выходному параметру определяется по формуле:

$$\delta_T = \delta - \sum \Delta_i - K_p \cdot \sqrt{\sum \sigma_i^2}, \quad (3)$$

где K_p – квантиль нормального распределения.

На погрешность перемещения передачи ВГС оказывают следующие основные факторы:

- погрешность изготовления винтовой пары (Δ_1);
- погрешность перемещения, вызванная упругими деформациями (Δ_2);
- погрешность перемещения, вызванная тепловым расширением металла вследствие действия в винтовой паре сил трения, приводящие к нагреву металла (Δ_3).

При оценки погрешности изготовления передачи учитывается накопленная погрешность перемещения (для базовой длины перемещения 100, 200, 300 мм), которая зависит от класса точности винта (0, 1, 2, 3 и 4 по ГОСТ 9562-81), места расположения гайки (величина перемещения), способа нагружения и вида опор.

Для оценки первого параметра можно использовать следующую линейную зависимость:

$$\Delta_1 = a \cdot x \cdot c, \quad (4)$$

где a – параметр, учитывающий начальную погрешность в зависимости от класса точности; x – величина перемещения (положения гайки), мм; c – приведённый усреднённый коэффициент влияния, который представлен в таблице 1.

Таблица 1- Накопленная погрешность перемещения винта, мкм

Отклонение	Класс точности					с
	0	1	2	3	4	
Накопленная погрешность перемещения ΔP_{300}	5	9	18	35	70	4,5
Накопленная погрешность перемещения ΔP_{200}	3,3	6	12	23,4	46,6	3
Накопленная погрешность перемещения ΔP_{100}	1,7	3	6	11,7	23,4	1,5

Для оценки погрешностей Δ_1 и Δ_2 используем зависимости, представленные в [3].

При действии всех этих факторов на винтовую передачу произойдёт значительное изменение погрешности перемещения, которую можно рассчитать по формуле:

$$\Delta = a \cdot x \cdot c + \frac{Q}{E \cdot F} \cdot (1 + k) + \beta \cdot x \cdot \Delta T \cdot \xi, \quad (5)$$

где Q – осевая нагрузка на передачу, Н; E – модуль упругости, Н/мм²; F – поперечное сечение винта, мм²; k – коэффициент, учитывающий увеличение погрешности перемещения вследствие скручивания ходового винта; β – коэффициент теплового расширения, 1/°C; $\Delta T = (T_H - T_i)$ – разность между текущей (T_i) и начальной (T_H) температур винта, °C; ξ – коэффициент, учитывающий способ крепления винта в опорах (для одноопорного способа крепления винта $\xi = 1$).

Используя формулу 5 можно определить вероятность безотказной работы передачи по параметру точность перемещения:

$$P(t) = \frac{\alpha \cdot x \cdot c + \frac{Q \cdot x}{\delta \cdot F} (1+k) + \beta \cdot x \cdot \Delta T \cdot \xi}{\sqrt{\sum \sigma_i^2}} \quad (6)$$

Запас надёжности по параметру точность перемещения составит:

$$\delta_T = \delta - \left(\alpha \cdot x \cdot c + \frac{Q \cdot x}{\delta \cdot F} (1+k) + \beta \cdot x \cdot \Delta T \cdot \xi \right) - K_P \cdot \sqrt{\sum \sigma_i^2} \quad (5)$$

Моделирование влияния силовых и тепловых факторов на параметр погрешность перемещения проводилось на примере тягового устройства с передачей ВГС. В качестве примера рассматривался станок ВТ80 с параметром винта:

- диаметр винта $D=32$ мм;
- шаг винта $P=6$ мм;
- резьба трапецеидальная;
- осевая нагрузка равна $Q=500$ Н;
- разность температур $\Delta T=10$ °С.

На рисунке 1 представлены зависимости для оценки погрешности перемещения тягового устройства с учётом влияния основных факторов: погрешность изготовления винтовой пары, погрешность перемещения, вызванная упругими деформациями и погрешность перемещения, вызванная тепловыми деформациями винтовой пары.

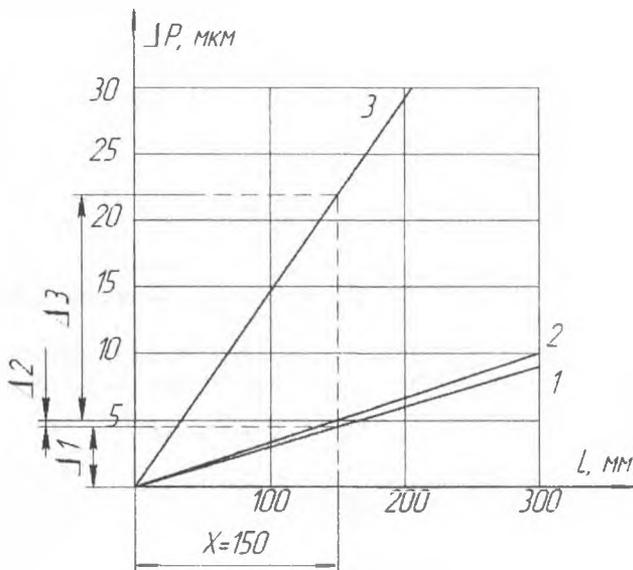


Рисунок 1 - зависимость погрешности перемещения от действия основных факторов

Линия 1 – линия, которая характеризует погрешность перемещения, вызванную максимально накопленной погрешностью изготовления винта;

Линия 2 – линия, которая характеризует погрешность перемещения, вызванную погрешностью изготовления винта и влияния упругих деформаций;

Линия 3 – линия, которая характеризует погрешность перемещения, вызванную погрешностью изготовления винта, влиянием упругих деформаций и тепловых расширений.

Для винта первого класса точности по ГОСТ 9562-81 погрешность перемещения рассматривается на отрезке 150 мм (см. рисунок 1).

$\Delta 1$ – погрешность перемещения вследствие неточности изготовления винта составляет 4,5 мкм;

$\Delta 2$ – погрешность перемещения соответствующего винта, вызванная упругими деформациями составляет 0,5 мкм;

$\Delta 3$ – погрешность перемещения вызванная тепловыми деформациями винта составляет 17 мкм.

Суммарная погрешность перемещения на данном участке составит 22 мкм.

Выводы

1. Установлено, что основные факторы, влияющие на параметр точности перемещения: погрешность изготовления винта, упругие деформации и тепловые расширения винта приводят к уменьшению точности перемещения тягового устройства, и как следствие, к увеличению вероятности появления параметрических отказов. Причём степень влияния этих факторов зависит от условий работы устройства.

2. Лимитирующим фактором при обработке с большой нагрузкой Q и на максимальной величине хода тягового устройства являются погрешности, вызванные упругими деформациями, а при чистовой обработке – погрешности, вызванная тепловыми расширениями.

3. С помощью составленной модели формирования отказа можно прогнозировать погрешность перемещения, вызванной тепловыми и силовыми факторами.

Список цитированных источников

1. Турпаев А.И. Винтовые механизмы и передачи / А.И. Турпаев – М.: Машиностроение. 1982. – 223 с.

2. Проников А.С. Надёжность машин / А.С.Проников – М.: Машиностроение. 1978. – 592 с.

3. Проников А.С. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем в 3-х т. Т.2 / А.С.Проников, Е.И. Борисов., В.В. Бушуев – М.: Машиностроение. 1995. – 320 с.

УДК 621.91.002

Ниничук А.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Медведев О.А.

АНАЛИЗ ПРИЕМЛЕМОСТИ ПРИГОНОЧНЫХ РАБОТ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ТОЧНОСТИ СБОРКИ МАШИН

Основными задачами, которые решаются при расчетах размерных цепей, в случае достижении точности их замыкающих звеньев методами пригонки, являются: расчет величины компенсации (части суммы расширенных допусков составляющих звеньев, подлежащей компенсации пригонкой компенсато-