

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 13.11.2024 11:08:16  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)  
Кафедра машиностроительных технологий и оборудования



## ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА СКОРОСТЕЙ ИЗНАШИВАНИЯ СОПРЯЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ НАПРАВЛЯЮЩИХ СКОЛЬЖЕНИЯ ТОКАРНОГО СТАНКА

Методические указания к практическим и лабораторным занятиям

студентов направления подготовки 15.04.05  
и аспирантов направления подготовки 15.06.01

КУРСК 2016

## Введение

На точность станка непосредственное влияние оказывает износ направляющих суппорта и *скорость их износа*.

Износ связан с *медленно протекающими процессами* – несколько лет.

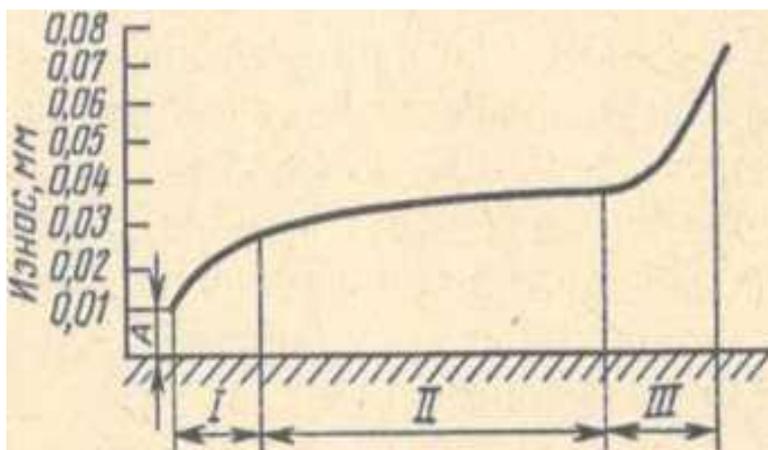


Рисунок 1 Зависимость механического износа направляющих от продолжительности их работы:

- I - приработка поверхностей, износ растет быстро - полгода;
- II — нормальная эксплуатация – *медленный износ* – 5-10 лет;
- III - предельный износ.

Модели параметрических отказов – два случая:

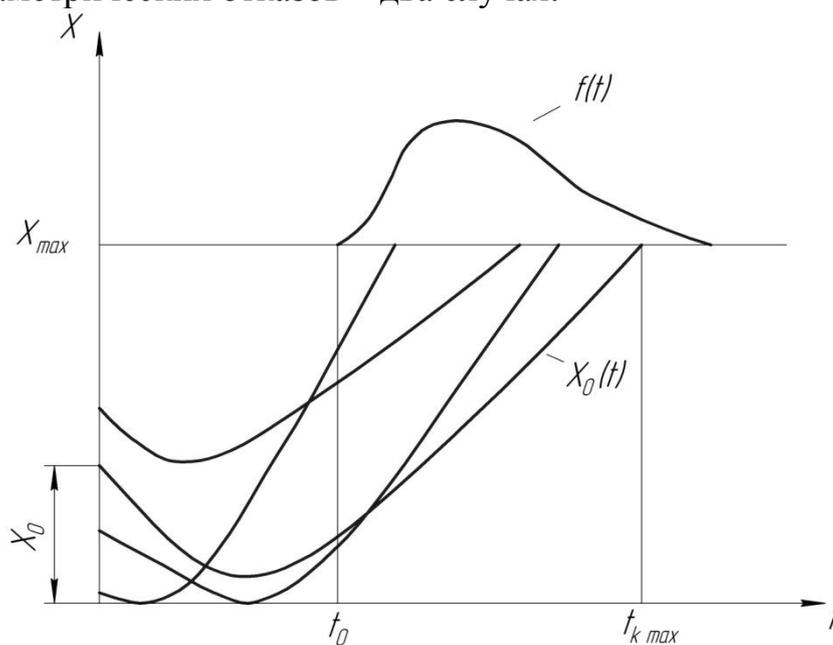


Рисунок 1 Нелинейное изменение выходного параметра во времени

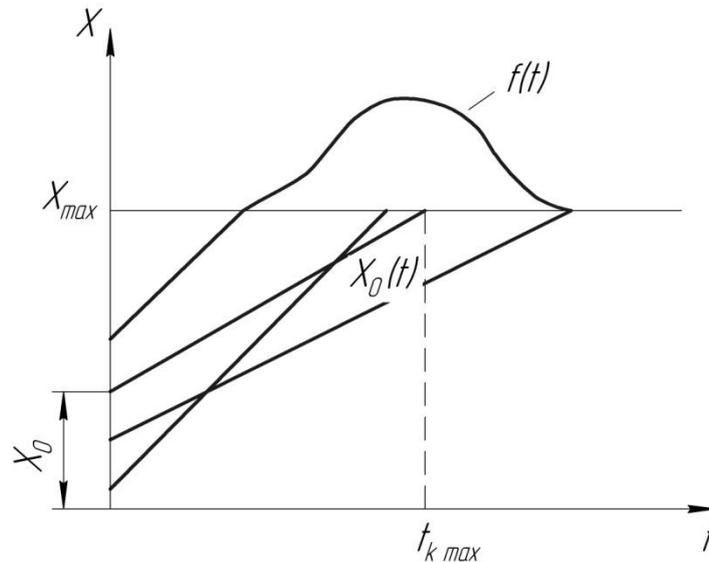


Рисунок 2 Изменение выходного параметра линейно во времени

2-й случай встречается чаще на практике, так как допуск на отклонение формы новых направляющих всегда дается в сторону выпуклости.

Скорость изнашивания деталей оборудования зависит от многих причин:

- ⊙ режима их работы;
- ⊙ материала;
- ⊙ смазки трущихся поверхностей;
- ⊙ удельного усилия и скорости скольжения;
- ⊙ температуры в зоне сопряжения;
- ⊙ состояния окружающей среды

### **1 Определение изменения траекторий опорных точек суппорта в функции времени**

Изменение начальных параметров станка с течением времени связано с *медленно протекающими процессами*, в первую очередь, с износом направляющих станка.

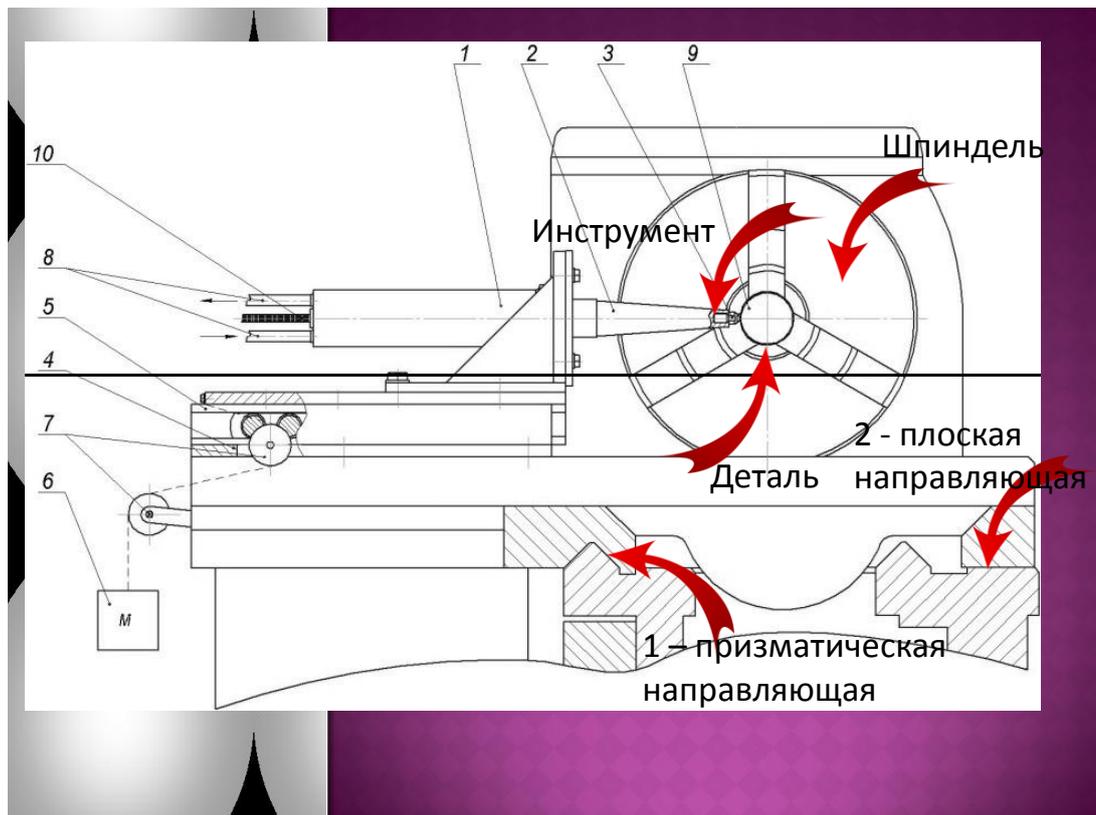


Рисунок 1 Направляющие станка:

1- призматическая направляющая; 2 – плоская направляющая

Основные виды износа: абразивный износ, пластическая деформация, усталость.

На точность станка непосредственное влияние оказывает износ направляющих столов, суппортов, ползунов, шпиндельных подшипников, передач ходовой винт-гайка, а также механизмов, участвующих в формировании выходных параметров точности (поворотных-фиксирующих, кулачковых, зажимных и др.)

При прогнозировании изменения параметров станка в процессе изнашивания опираются на физику процесса изнашивания: учитывают смазку и условия трения сопряженных поверхностей, включают фактор времени.

В станке для большинства сопряжений применяется следующая закономерность для расчета линейного износа материалов:

$$U = k \cdot p^m \cdot v \cdot t$$

или

$$\gamma = u/t = k \cdot p^m \cdot v, \quad (1.1)$$

где  $U$ - линейный износ, мкм;  $\gamma$ - скорость изнашивания, мкм/год;  $k$ - коэффициент износа;  $p$  - давление на поверхности трения;  $v$ - скорость относительного скольжения;  $t$  - время работы сопряжения;  $m$  - коэффициент,  $m=1$  для абразивного и усталостного износа.

Коэффициент износа является случайной величиной и изменяется в широких пределах, поэтому скорость изнашивания можно определить лишь ориентировочно.

## 2.2 Расчет изменения параметров опорных точек

Принятые выходные параметры станка зависят от характеристик траекторий опорных точек формообразующих узлов станка. Нужно оценить изменение этих траекторий при изнашивании направляющих.

Рассмотрим влияние износа направляющих станины токарного станка на точность перемещения суппорта.

Передняя направляющая суппорта (треугольная призма) несет основную нагрузку, так как на нее действует сила резания. При износе направляющих резец изменяет свое положение, и точность обработки уменьшается. При этом именно **неравномерность износа** направляющих оказывает влияние на **точность траектории** суппорта, так как **равномерный износ компенсируется** за счет начальной установки резца.

Рассмотрим схему для определения ординат опорных точек направляющих скольжения с течением времени (Рис.1.1):

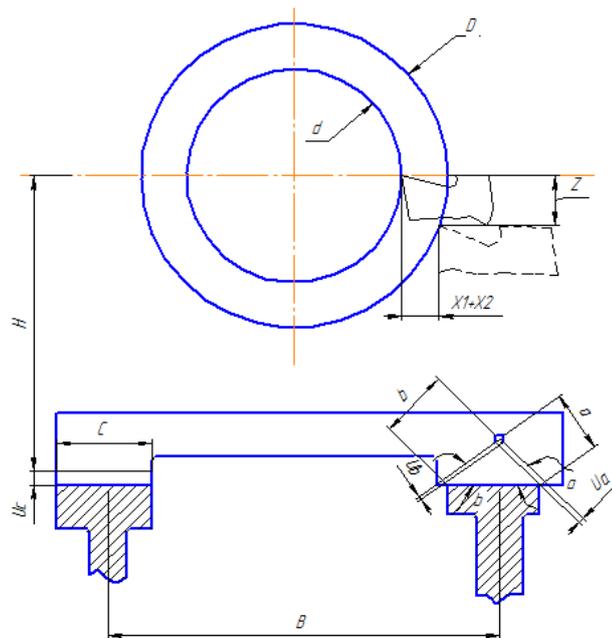


Рисунок 1.1. Влияние износа направляющих токарного станка на искажение траектории суппорта

Изменение в результате износа траекторий опорных точек формообразующих узлов приводит к изменению выходных параметров станка, которые определяют его качество с позиций точности (Рис.2.2).

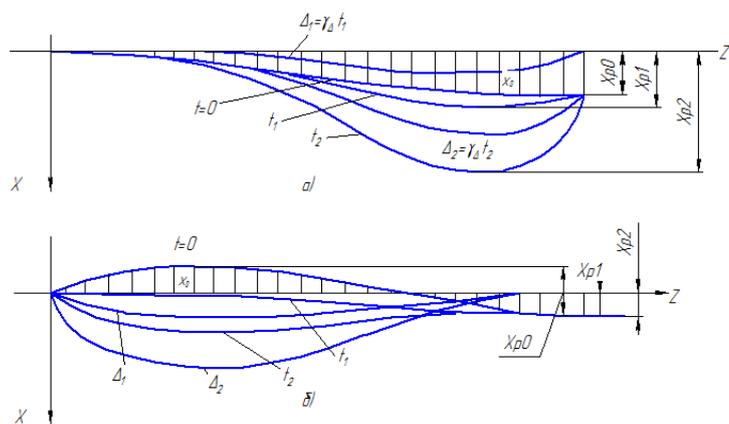


Рисунок 1.2. Схема формирования траектории и ее выходных параметров при изнашивании направляющих

Горизонтальное смещение суппорта  $X'_1$  возникает в силу восприятия передней направляющей усилия резания

$$X'_1 = u_b \cdot \sin \beta - u_a \cdot \sin a.$$

Износ, задней направляющей приведет к повороту суппорта, в результате

резец отойдет на величину  $X'_2$

$$X'_2 = (Z - u_c) \cdot \frac{H}{B}.$$

Изменение радиуса обрабатываемой детали  $\Delta$

$$\Delta = X'_1 + X'_2. \quad (1.2)$$

Подставляя в формулу (2.2) значения  $X_1$  и  $X_2$  и произведя преобразования, получим:

$$\Delta = u_a \cdot \left( \frac{H}{B} \cdot \cos a - \sin a \right) + u_b \cdot \left( \frac{H}{B} \cdot \cos b + \sin b \right) - u_c \frac{H}{B}.$$

Например, при  $a = 25^\circ$ ;  $\beta = 65^\circ$  и  $H/B = 0,6$  получим

$$\Delta = 0,12u_a + 1,16u_b - 0,6u_c.$$

Чтобы определить изменение ординат опорных точек направляющих скольжения  $\Delta_s$  течением времени, воспользуемся формулой (1.1):

$$\gamma_\Delta = \Delta/t, \frac{\text{МКМ}}{\text{ГОД}},$$

где  $\gamma_\Delta$  - скорость изменения ординат траекторий.

Расчет новых значений выходных параметров станка и оценка вероятности их изменений позволит осуществить **прогноз параметрической надежности станка**, оценить его **ресурс по точности**.

Для такого прогноза необходимо:

1. Получить на испытательно-диагностическом стенде значения ординат траекторий каждой опорной точки (опорные или фиксированные точки располагаются на установочных базах станка, определяющих взаимное положение заготовки, приспособления или инструмента).
2. Определить изменение этих траекторий в функции времени, которые могут произойти при изнашивании базовых поверхностей (направляющих, опор подшипников и т.п.).
3. На основании этих данных получить ординаты траекторий, которые будут характеризовать движение опорной точки в любой заданный промежуток времени работы станка.

### 2.3 Методика получения суммарной траектории

При небольших значениях износа суммарная траектория опорной точки может быть определена как алгебраическая сумма начальной ординаты  $X_0$  и ординат  $\Delta$ , характеризующих ее изменение при износе направляющих:

$$X = X_0 + \Delta = X_0 + \gamma_{\Delta} t,$$

где  $X$  – ордината траектории с учетом износа;

$\gamma_{\Delta}$  – скорость изменения приращения ординат;

$t$  – время.

Рассмотрим два типичных случая формирования траектории опорной точки суппорта при его движении по изношенным направляющим, то есть две модели параметрических отказов.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### ЗАДАНИЕ

По значениям ординат опорных точек траектории перемещения суппорта токарного станка рассчитать изменения этих траекторий в функции времени:

- а) заданы величины износа  $u_a$ ,  $u_b$ ,  $u_c$  (мкм) передней и задней направляющих станины (Табл. 1);
- б) определить суммарное изменение радиуса обработанной детали:

$$X'_1 = u_b \cdot \sin \beta - u_a \cdot \sin a;$$

$$X'_2 = (Z - u_c) \cdot \frac{H}{B};$$

$$Z = u_b \cdot \cos b + u_a \cos a;$$

$$\Delta = X'_1 + X'_2;$$

$$\Delta = u_a \cdot \left( \frac{H}{B} \cdot \cos a - \sin a \right) + u_b \cdot \left( \frac{H}{B} \cdot \cos b + \sin b \right) - u_c \frac{H}{B}.$$

в) определить изменения ординат опорных точек направляющих скольжения в функции времени для каждого выходного параметра

$$\gamma_{\Delta} = \Delta/t, \text{ мкм/год,}$$

где  $t = 1; 3; 5; 10$  лет.

## ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ 1

Таблица 1

Величины износа  $u_a, u_b, u_c$  (мкм)  
передней и задней направляющих станины

Вариант	Износ направляющих, мкм	Выходные параметры			Геометрические характеристики направляющих		
		$X_1 = X_p$	$X_2 = \text{tg } \beta$	$X_3 = \Delta_z$	$\alpha$ , град.	$\beta$ , град.	Н/В
1	Ua	0,3	0,4	0,35	35	70	0,6
	Ub	0,4	0,45	0,5			
	Uc	0,9	0,85	1,0			
2	Ua	0,8	0,85	0,7	25	65	0,8
	Ub	0,4	0,6	0,5			
	Uc	2,0	1,0	1,2			
3	Ua	0,25	0,3	0,45	25	70	1,0
	Ub	0,65	0,5	0,3			
	Uc	2,0	1,0	0,8			
4	Ua	1,0	0,8	0,94	35	70	2,0
	Ub	0,65	0,5	0,92			
	Uc	0,95	0,8	0,95			
5	Ua	0,6	0,55	0,35	25	70	0,6
	Ub	0,45	0,7	0,4			
	Uc	0,5	0,8	0,95			
6	Ua	0,35	0,4	0,6	25	65	1,0
	Ub	0,65	0,85	0,35			
	Uc	0,8	1,0	0,9			

7	Ua	0,55	0,5	0,7	35	60	0,6
	Ub	0,25	0,3	0,45			
	Uc	0,4	0,6	0,8			
8	Ua	0,3	0,35	0,4	35	65	1,0
	Ub	0,25	0,35	0,8			
	Uc	0,2	0,3	0,4			
9	Ua	0,3	0,5	0,45	25	65	0,8
	Ub	0,45	0,5	0,6			
	Uc	0,5	0,9	0,85			
10	Ua	0,45	0,35	0,5	25	65	1,0
	Ub	0,6	0,5	0,8			
	Uc	0,85	0,75	1,0			
11	Ua	0,2	0,3	0,4	25	65	0,6
	Ub	0,8	0,75	0,8			
	Uc	0,75	0,8	1,0			
12	Ua	0,2	0,3	0,4	25	65	0,8
	Ub	0,4	0,5	0,4			
	Uc	1,2	1,0	0,8			
13	Ua	0,8	0,75	0,8	35	60	1,0
	Ub	0,65	0,6	0,75			
	Uc	0,75	0,8	1,0			
14	Ua	0,5	0,65	0,7	30	70	0,8
	Ub	0,6	0,7	0,7			
	Uc	1,0	2,0	1,0			
15	Ua	0,5	0,6	1,0	30	75	1,0
	Ub	0,65	0,7	2,0			
	Uc	0,7	0,7	1,0			
16	Ua	0,8	0,65	0,75	35	60	1,0
	Ub	0,75	0,6	0,8			

	Uc	0,8	0,75	1,0			
17	Ua	0,2	0,4	1,2	25	65	0,6
	Ub	0,3	0,5	1,0			
	Uc	0,4	0,4	0,8			
18	Ua	0,45	0,65	0,90	25	65	1,0
	Ub	0,35	0,50	0,75			
	Uc	0,5	0,8	1,0			
19	Ua	0,3	0,45	0,5	25	65	0,8
	Ub	0,5	0,5	0,9			
	Uc	0,45	0,6	0,85			
20	Ua	0,3	0,25	0,2	35	65	1,0
	Ub	0,35	0,35	0,3			
	Uc	0,4	0,8	0,4			
21	Ua	0,55	0,25	0,4	35	60	0,6
	Ub	0,5	0,3	0,6			
	Uc	0,7	0,45	0,8			
22	Ua	0,35	0,65	0,8	25	65	1,0
	Ub	0,4	0,85	1,0			
	Uc	0,6	0,35	0,9			
23	Ua	0,6	0,45	0,5	25	70	0,6
	Ub	0,55	0,7	0,8			
	Uc	0,35	0,4	0,95			
24	Ua	0,1	0,65	0,95	35	70	2,0
	Ub	0,8	0,5	0,8			
	Uc	0,94	0,92	0,95			
25	Ua	0,25	0,65	2,0	25	70	1,0
	Ub	0,3	0,5	1,0			
	Uc	0,45	0,3	0,8			