

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ**

**ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ А.А. ЕЖЕВСКОГО**

**Кафедра «Технический сервис и общинженерные
дисциплины»**

**ТЕХНОЛОГИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО
МАШИНОСТРОЕНИЯ**

Иркутск 2020

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ТОКАРНОГО СТАНКА ДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Цель работы – практическое освоение методики определения жесткости и податливости токарного станка путем обработки на нем деталей типа колец различного диаметра.

Работа рассчитана на четыре академических часа.

Студент должен знать:

- понятие точности механической обработки;
- виды погрешностей, входящих в состав суммарной погрешности механической обработки;
- понятие жесткости и податливости технологической системы и методы их определения;
- сущность статических и динамических методов определения жесткости и податливости токарного станка.

Студент должен уметь определять жесткость станка динамическим методом.

Необходимое оборудование и принадлежности:

- токарно-винторезный станок модели 16К20;
- оправка центровая $\varnothing 70$ мм, $l = 300$ мм;
- резец проходной 2100-0423 Т15К6 ГОСТ 18878-73;
- микрометры МК-50, МК-75, МК-100, МК-125, МК-150;
- комплект колец $\varnothing 160$ мм (5 шт.);
- микрокалькулятор.

1.1 Основные положения

Качество деталей машин, обеспечиваемое при механической обработке, определяется показателями точности и качества поверхностей. Точность деталей характеризуется точностью размеров, формы и взаимного расположения поверхностей; качество поверхностей – параметрами шероховатости и физико-механическими свойствами поверхностного слоя.

Точность механической обработки зависит от большого числа факторов, так называемых первичных погрешностей. Характер и степень влияния этих факторов определяются методом обеспечения точности и видом обработки.

При механической обработке на предварительно настроенном станке суммарная погрешность в общем случае складывается из следующих основных первичных погрешностей:

$$\Delta = \Delta_y + \Delta_z + \Delta_n + \Delta_u + \Delta_m + \sum \Delta_\phi, \quad (1.1)$$

где Δ_y – погрешность размера, возникающая в результате упругого отжатия звеньев технологической системы вследствие нестабильности сил резания;

Δ_z – погрешность размера, возникающая при установке заготовки;

Δ_n – погрешность размера, возникающая при настройке станка;

Δ_u – погрешность размера, вызываемая размерным износом режущего инструмента;

Δ_m – погрешность размера, вызываемая тепловыми деформациями технологической системы;

$\sum \Delta_\phi$ – суммарная погрешность формы обработанной поверхности.

Погрешность Δ_y представляет разность предельных значений упругого отжатия частей технологической системы СПИД (станок – приспособление – инструмент – деталь), что вызывается нестабильностью факторов, влияющих на усилие резания. На точность обработки оказывают воздействие преимущественно те деформации технологической системы, которые изменяют расстояние между режущей кромкой инструмента и обрабатываемой поверхностью, т.е. деформации, направленные нормально к обрабатываемой поверхности.

Способность системы противостоять действию силы, вызывающей деформации, определяет ее жесткость.

Жесткостью технологической системы называется отношение радиальной силы резания P_y , направленной перпендикулярно обрабатываемой поверхности, к смещению y режущей кромки инструмента относительно обрабатываемой поверхности заготовки в том же направлении.

$$J = P_y / y \quad (1.2)$$

Для облегчения расчетов жесткости технологической системы введено понятие податливости W , т.е. величины обратной жесткости.

$$W = 1/j \quad (1.3)$$

Жесткость имеет размерность Н/мм или Н/мкм, податливость – мм/Н, мкм/Н.

Жесткость станка можно определить статическим методом – нагружением узлов неработающего станка, и динамическим (производственным) методом – испытанием на жесткость работающего станка.

$$D_1 = 154,0 \text{ мм}; D_2 = 159,0 \text{ мм}; D_3 = 154,5 \text{ мм};$$

$$D_4 = 160,0 \text{ мм}; D_5 = 154,0 \text{ мм}$$

Обработка комплекта колец производится за один проход установленного на размер инструмента. Глубина при обработке каждого кольца различна, поэтому изменяется усилие резания, а, следовательно, и упругое отжатие при переходе от каждого обработанного кольца к следующему.

Таким образом, диаметры колец после обработки несколько отличаются друг от друга. Производя измерения диаметров колец до и после обработки, можно определить уточнение для каждой пары колец

$$\varepsilon_i = (D_i - D_{i+1})(\Delta_i + \delta_i)$$

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i$$

где n – число колец, используемых в опыте.

В случае обработки комплекта из пяти колец (рисунок 1), $n = 5$

Измерения диаметров колец до и после обработки производится микрометром. Результаты измерений заносятся в таблицу 2.

Таблица 2 – Вычисление уточнения ε

Номер кольца	Диаметр кольца				$\Delta_i + \delta_i$	ε_i
	До обработки		После обработки			
	D_i	$\Delta_i = D_i - D_{i+1}$	d_i	$\delta_i = d_i - d_{i+1}$		
1	154,0	0	152,1	0	0	0
2	159,0	-5,0	152,25	-0,15	-5,15	25,75
3	154,5	4,5	152,15	0,1	4,6	20,7
4	160,0	-5,5	152,3	-0,15	-5,65	31,075
5	154,0	6	152,2	0,1	6,1	36,6
Среднее значение ε						22,825

где $\Delta_i = D_i - D_{i+1}$ – разность диаметров соседних колец; $\delta_i = d_i - d_{i+1}$ – разность диаметров соседних колец после обточки; i – порядковый номер кольца.

Жесткость системы шпиндель – задняя бабка – суппорт токарного станка определяется по формуле

$$j = 100\lambda' \cdot C_p \cdot s^{0,75} \cdot \varepsilon = 100 * 0,74 * 144 * 0,31 * 28,5 = 75316,6 \text{ [Н/мм]}, \quad (1.6)$$

где λ' – коэффициент, характеризующий отношение P_y/P_z и зависящий от геометрии резца, состояния режущей кромки, режимов резания, механических свойств обрабатываемого материала и других факторов (таблица 3);

C_p – коэффициент, зависящий от механических свойств обрабатываемого материала и угла резания (таблица 4);

s – продольная подача, мм/об.

Податливость системы СПИД определяется по формуле

$$W = 1000/j \text{ [мкм/Н]}. = 1000/75316,6 = 0,013 \quad (1.7)$$

Чтобы определить коэффициент λ' , необходимо рассчитать P_y и P_z для принятых режимов резания, используя для этой цели эмпирические формулы. Некоторые значения коэффициента, рассчитанные таким путем, приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Значения коэффициента λ'

Скорость резания V , м/мин	Глубина резания t , мм	Подача s , мм/об			
		0,15	0,21	0,26	0,34
60	0,25	0,78	0,74	0,72	0,69
	0,50	0,73	0,69	0,67	0,64
	1,0	0,68	0,65	0,63	0,60
	1,5	0,65	0,62	0,60	0,58
	2,0	0,63	0,60	0,58	0,56
	3,0	0,61	0,58	0,56	0,54
	4,0	0,59	0,56	0,54	0,52
80	0,25	0,75	0,71	0,69	0,66
	0,50	0,75	0,71	0,69	0,61
	1,0	0,65	0,62	0,60	0,57
	1,5	0,62	0,59	0,57	0,55
	2,0	0,60	0,57	0,55	0,53
	3,0	0,58	0,56	0,54	0,52
	4,0	0,57	0,54	0,52	0,50
100	0,25	0,72	0,69	0,67	0,64
	0,50	0,68	0,64	0,62	0,59
	1,0	0,63	0,60	0,58	0,56
	1,5	0,60	0,57	0,56	0,54
	2,0	0,58	0,56	0,54	0,52
	3,0	0,57	0,54	0,52	0,50
	4,0	0,55	0,52	0,50	0,48

Значение коэффициента C_p с достаточной для практики точностью можно определить по таблице 4 в зависимости от предела прочности или твердости обрабатываемого материала.

Режимы резания выбираются с таким расчетом, чтобы после точения колец достигалась шероховатость поверхности R_a не более 8 мкм. Это необходимо для обеспечения точного измерения диаметров колец после обработки.

Таблица 4 – Коэффициент C_p при обработке конструкционной стали

Предел прочности σ , МПа	Твердость		C_p
	HB	HRC	
350	103		144
450	133		155
550	163		165
650	190		180

750	220		193
850	250		205

Рекомендуемые режимы резания: $t = 0,2-0,3$ мм (на кольца с наименьшим диаметром); $s = 0,15-0,35$ мм/об; $V = 60-80$ м/мин.

1.3 Порядок выполнения работы

1 Осуществить наладку станка по заданной схеме: установить оправку с комплектом колец, проходной резец; установить режим резания.

2 Измерить диаметры колец микрометром. Данные измерений занести в таблицу 2.

3 Проточить комплект колец за один проход с заданным режимом.

4 Измерить диаметры колец после проточки. Данные измерений занести в таблицу 2.

5 Вычислить уточнение для каждой пары колец ϵ_i и среднее уточнение ϵ .

6 Вычислить жесткость и податливость станка.

7 Проанализировать полученные результаты.

8 Составить отчет.

В таблице 5 приведены данные измерений колец для каждого варианта.

Таблица 5 – Задания к расчету

Диаметры колец до обработки	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D_1 , мм;	154,0	120,0	134,0	144,0	155,0	164,0	156,0	151,0	153,0	150,0
D_2 , мм;	159,0	119,0	139,0	149,0	160,0	169,0	161,0	158,0	158,0	160,0
D_3 , мм;	154,5	122,5	134,5	144,5	154,5	164,5	164,5	153,5	154,5	150,5
D_4 , мм;	160,0	128,0	140,0	150,0	160,0	170,0	160,0	159,0	160,0	160,0
D_5 , мм	154,0	130,0	134,0	154,0	155,0	164,0	164,0	153,0	155,0	155,0

Диаметры колец после обработки	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_1 , мм;	152,1	118,1	130,0	142,0	153,1	162,2	154,0	150,0	151,0	148,0
d_2 , мм;	152,2	118,0	130,10	142,15	153,15	162,15	154,0	150,0	151,0	148,0
d_3 , мм;	152,15	118,5	130,35	142,5	153,5	162,5	154,5	150,5	151,5	148,5
d_4 , мм;	152,10	118,15	130,20	142,30	153,10	162,3	154,0	150,0	151,0	148,0
d_5 , мм	152,25	118,2	130,15	142,25	153,20	162,4	154,0	150,0	151,0	148,0

1.4. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Основные положения.
3. Эскиз обработки.
4. Режимы обработки и исходные данные для расчета.
5. Результаты измерений и вычисление уточнения.
6. Расчет жесткости и податливости станка.
7. Выводы.

1.5. Контрольные вопросы

1. Что такое жесткость и податливость технологической системы?
2. В каких единицах измеряются жесткость и податливость?
3. В чем сущность динамического метода определения жесткости станка?
4. Что называется уточнением?
5. Как определить жесткость станка зная уточнение?

Рекомендуемая литература

1. Толочко, Н. К. Основы технологии сельскохозяйственного машиностроения: пособие / Н. К. Толочко, Л. Е. Сергеев; под ред. Н. К. Толочко. – Минск : БГАТУ, 2011 – 304 с.
2. Технология сельскохозяйственного машиностроения: учеб. пособие / Л. М. Кожуро [и др.]; под ред. Л. М. Кожуро. – Минск : Новое знание, 2006 – 512 с.
3. Некрасов, С. С. Практикум и курсовое проектирование по технологии сельскохозяйственного машиностроения / С. С. Некрасов. – М. : Мир, 2004 – 240 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя : в 2-х т. / под ред. А. М. Дальского [и др.]. – М. : Машиностроение – 1, 2001 – Т. 1. – 912 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. / под ред. А. М. Дальского [и др.]. – М. : Машиностроение – 1, 2001 – Т. 2. – 944 с.
6. Технология машиностроения : в 2-х т. / В. М. Бурцев [и др.]; под ред. А. М. Дальского. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1997 – Т. 1 Основы технологии машиностроения. – 564 с.
7. Сборник практических работ по технологии машиностроения : учеб. пособие / А. И. Медведев [и др.]; под ред. И. П. Филонова. – Минск : БНТУ, 2003 – 486 с.