



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Технология машиностроения»

Сборник задач

по дисциплине

«Основы технологии машиностроения»

«Исследование влияния неравномерности жесткости технологической системы на точность формы обработанной поверхности»

Автор
Мельников А.С.

Ростов-на-Дону, 2017



Аннотация

Сборник задач предназначен для студентов очной и заочной форм обучения направления 15.03.05 - Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств.

Автор

к.т.н., профессор Мельников А.С.



Оглавление

УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА	
№3 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕРАВНОМЕРНОСТИ	
ЖЕСТКОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ТОЧНОСТЬ	
ФОРМЫ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ.....	4
2.1. Цель работы	4
2.2. Задачи работы	4
2.4. Техника безопасности.....	4
2.5. Материальное обеспечение работы	4
2.6. Подготовка к проведению исследования	5
5. Методика проведения эксперимента исследования ..	11
6. Содержание выводов	11
7. Контрольные вопросы.....	12
8. Литература	12
Приложение 1	13

УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ЖЕСТКОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ТОЧНОСТЬ ФОРМЫ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

2.1. Цель работы

Изучение влияния неравномерности жесткости ТС на точность обработанной поверхности

2.2. Задачи работы

- Рассчитать диаметры в заданных сечениях по длине рабочего хода резца и построить расчетную форму обработанной поверхности для двух схем установки заготовки
- Экспериментально определить диаметры в заданных сечениях после обтачивания вала по каждой схеме установки заготовки и построить фактически полученную форму обработанной поверхности.
- Оценить влияние неравномерности жесткости ТС на форму обработанной поверхности.
- Оценить влияние схемы установки заготовки на неравномерность жесткости ТС и форму обработанной поверхности.

2.4. Техника безопасности

Перед проведением работы необходимо изучить правила техники безопасности. Перед проведением лабораторных работ студенты получают инструктаж по технике безопасности в лаборатории технологии машиностроения, принимают к исполнению все правила техники безопасности, о чем расписываются в специальном журнале.

2.5. Материальное обеспечение работы

- 3.1. Токарно-винторезный станок.
- 3.2. Вращающийся центр специальный.
- 3.3. Заготовки валиков.
- 3.4. Резец проходной.
- 3.5. Линейка измерительная.
- 3.6. Микрометр 0...25 мм.

2.6. Подготовка к проведению исследования

4.1. Изучить общие теоретические сведения, изложенные в учебном пособии [1] и в настоящем методическом пособии.

Технологический размер, описывающий положение обработанной поверхности относительно технологической базы, получается при обработке и измеряется по нормали к обработанной поверхности. По разным причинам во время обработки одной детали этот размер получает отклонение, а за время обработки партии деталей образуется поле рассеяния этих отклонений, которое называют погрешностью. Одной из причин появления отклонения является конечная величина жесткости технологической системы (ТС), в результате чего в системе появляются упругие взаимные перемещения инструмента и заготовки под действием силы резания.

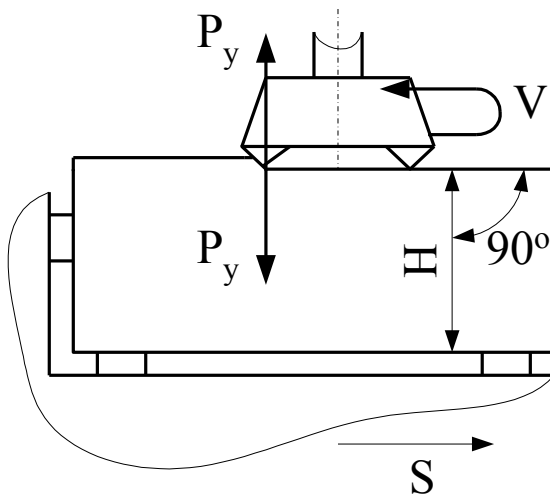


Рис.1. Схема фрезерования плоскости для получения размера H

Под жесткостью ТС понимают ее способность сопротивляться появлению в ней упругих перемещений инструмента и заготовки y по нормали к обрабатываемой поверхности под действием нормальной составляющей силы резания P_y . (см. рис. 1) Количественно эту способность оценивают отношением силы к возникшему перемещению

$$j_{TC} = \frac{P_y}{y} \text{ н/м} \quad (1)$$

Так как ни одна ТС не обладает абсолютной (бесконечной) жесткостью в ней обязательно появляются упругие перемещения, величина которых

$$y = \frac{P_y}{j_{TC}} \quad (2)$$

неодинакова не только при обработке разных заготовок в партии, но даже за время обработки одной заготовки. Погрешности размеров и свойств материала в партии заготовок приводят к колебаниям нормальной составляющей силы резания P_y , что порождает поле рассеяния величины возникающих упругих перемещений, и это поле составляет часть погрешности динамической настройки. Но и величина жесткости ТС не постоянна и изменяется за время обработки одной заготовки при перемещении инструмента (или заготовки) в направлении подачи даже при одинаковой силе резания. Причина здесь в том, что разные части ТС (передняя и задняя бабки и суппорт токарного станка; стол и головка фрезерного станка и т.д.) воспринимают часть силы резания, и их реакция зависит от точки приложения силы P_y . При движении инструмента вдоль обрабатываемой заготовки точка приложения силы непрерывно меняет свое положение, следовательно, изменяется и реакция каждой части ТС, под действием которой эта часть ТС получает упругое перемещение, и это перемещение неодинаково в разные моменты обработки заготовки. Поскольку суммарное взаимное упругое перемещение заготовки и инструмента складывается из упругих перемещений частей ТС оно тоже непрерывно меняется, что и обуславливает неравномерность (неодинаковость величины) жесткости по координате подачи. В результате обработанная поверхность получает погрешность формы.

В некоторых случаях погрешность формы обработанной поверхности из-за неравномерной жесткости ТС можно определить и теоретически и экспериментально, чаще же – только экспериментально. Например, на рис. 2 приведена схема обработки для получения цилиндрической поверхности на токарном станке консольно закрепленной заготовки. В этом случае получаемая погрешность формы может быть с достаточной точностью опре-

делена теоретически и проверена экспериментально. Схема нагружения заготовки соответствует рассмотренной в сопротивлении материалов консольно закрепленной балке, нагруженной поперечной силой P_y . Под действием этой силы в момент, когда резец находится на расстоянии l_i в заготовке возникает упругая деформация y_i , в результате чего диаметр в этом

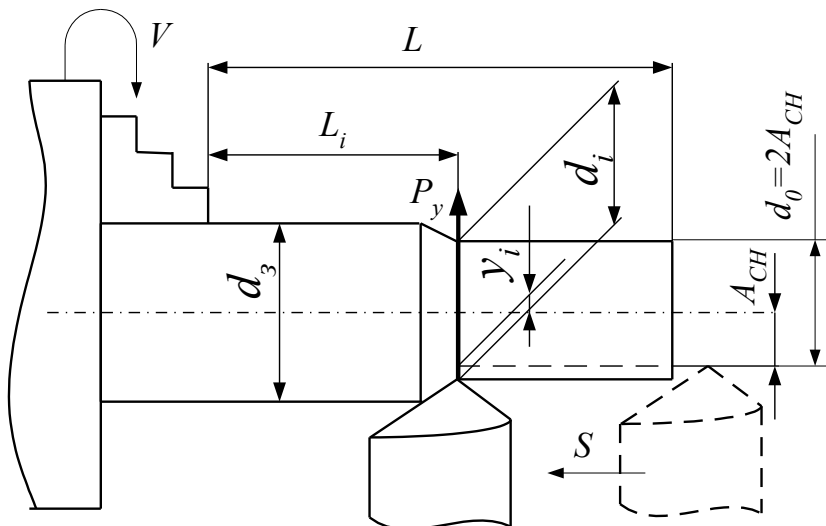


Рис.2. Схема обработки консольно закрепленного вала

сечении получает приращение, равное удвоенной упругой деформации заготовки

$$\Delta d_i = 2y_i = 2 \cdot \frac{P_y}{j_i} \quad (3)$$

Где j_i – жесткость вала в i -ом сечении.

$$P_y = C_{py} t^x S_1^y HB^n \prod_{i=1}^m K_i \quad (4)$$

Значения коэффициента C_{py} и показателей степени y и n зависят от обрабатываемого материала и типа инструмента и могут быть определены [3] по табл. 1.

Другие конкретные условия резания учитываются умножением табличного значения C_{py} на коэффициенты K_1 и K_2 . Коэффици-

коэффициент K_1 учитывает влияние главного угла в плане φ и определяется по табл. 2.

Таблица 1

Значения коэффициента C_{py} и показателей степени x, y, n

Тип резцов	Обрабатываемый материал							
	сталь				чугун			
	C_{py}	y	n	x	C_{py}	y	n	x
Проходные	112	0,75	0,35	1	63,5	0,75	0,55	1
Прорезные и отрезные	138	1,00	0,35	1	88,2	1,00	0,55	1

Таблица 2

Значения коэффициента K_1

Угол в плане в град.	Значения K_1 для обрабатываемых материалов							
	сталь				чугун			
30	1,08				1,05			
45	1,00				1,00			
60	0,98				0,96			
75	1,03				0,91			
90	1,08				0,92			

Коэффициент K_2 учитывает влияние переднего угла резца и определяется по табл.3

Таблица 3

Значение коэффициента K_2

Обрабатываемый материал	Передний угол резца γ°									
Сталь	+7	+9	+1	+1	+1	+1	+1	+2	+2	
			1	3	5	7	9	1	3	
чугун	+4	+6	+8	+1	+1	+1	+1	+1	+2	
				0	2	4	6	8	0	
K_2	1,100	1,075	1,050	1,025	1,000	0,975	0,950	0,925	0,900	

Жесткость вала в i -ом сечении определяется по формуле

$$j_i = \frac{3 \cdot E \cdot I}{l_i^3}, \quad (4)$$

где E – модуль упругости (у стали $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$);

I – момент инерции балки;

l мм – расстояние от места закрепления до сечения, в котором определяется жесткость (количество таких сечений в лабораторной работе задается преподавателем. Для этого длину вала надо разделить на несколько равных участков, тогда $l_i = (0,1 \div 0,9) \cdot l$.

Для цилиндрического вала момент инерции подсчитывается по следующей формуле:

$$I = \frac{\pi \cdot d_3^4}{64}, \quad (5)$$

где d_3 , мм – диаметр заготовки, т.е. диаметр вала перед проведением эксперимента, мм.

Используя приведенные выше формулы в лабораторной работе можно рассчитать значения диаметров обработанного вала в разных сечениях, разделив весь рабочий ход инструмента на несколько частей

$$d_i = d_0 + \Delta d_i = d_0 + 2 \frac{P_y}{j_i} \quad (6)$$

В расчетах с незначительной погрешностью можно принимать d_0 равным диаметру вала в первом сечении (начиная их счет от торца кулачков патрона) на расстоянии $l_0 = 10 \div 15 \text{ мм}$

Рассчитанные значения d_i позволяют расчетным путем оценить влияние неравномерности жесткости ТС по направлению подачи инструмента на получаемую форму поверхности. Эти расчеты учитывают только влияние жесткости детали на форму обработанной поверхности при обработке вала по схеме на рис. 2. Конечно, при точении на форму скажется и влияние жесткости других частей ТС – суппорта, резца, передней бабки.

Оценить это влияние можно экспериментальным путем, обточив вал на заданном в расчетах режиме обработки. Достаточно после обтачивания измерить полученные в каждом сечении диаметры. Разность измеренных и расчетных значений диаметров покажет это влияние.

Для уменьшения влияния неравномерности жесткости ТС на форму обработанной поверхности в ТС включают различные до-

полнительные устройства (дополнительные вспомогательные опоры). В станках токарной группы при обработке маложестких деталей применяют подвижные и неподвижные люнеты.

С точки зрения повышения точности формы схему на рис. 2 можно значительно улучшить за счет использования заднего центра, как это показано на рис. 3. В такой установке заготовки она становится балкой на двух опорах и тогда жесткость ее в каждом сечении по длине рабочего хода можно определить по формуле

$$j_i = \frac{3 \cdot E \cdot I \cdot l}{l_i^2 \cdot (l - l_i)^2} \quad (7)$$

Используя формулу 7 можно расчетным путем определить диаметры обработанной поверхности в намеченных сечениях и затем обточить вал по схеме на рис. 3 и измерить полученные в каждом сечении диаметры. Сравнение полученных результатов с теми, которые были получены в первой части работы можно оценить влияние схемы установки заготовки на точность формы обработанной поверхности.

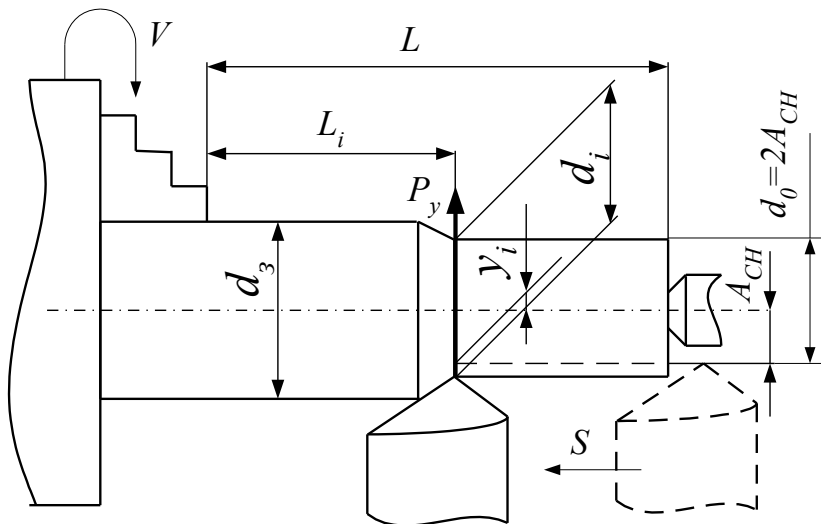


Рис. 3. Схема обтачивания вала с установкой заготовки на задний центр

5.2. Изучить материальное обеспечение работы.

5.3. Получить у преподавателя допуск к работе.

5. Методика проведения эксперимента исследования

5.1. Закрепить в трехкулачковом патроне 1 заготовку вала, обеспечив его вылет от кулачков патрона на величину $80 \div 120$ мм (рис.2).

5.2. Подготовить заготовку вала к эксперименту. Для этого проточить ее с минимальной подачей и глубиной резания, чтобы устранить полученное при установке биение. Полученный диаметр d_3 является диаметром заготовки для дальнейшего эксперимента.

5.3. Разметить всю проточенную длину вала, нанеся выбранное число рисок на примерно равных расстояниях друг от друга. Измерить линейкой расстояния от торца кулачков патрона до этих рисок и занести их в журнал в порядке возрастания.

5.4. Рассчитать диаметр обработанной поверхности в каждом сечении после точения по схеме на рис. 2.

5.5. Установить на станке режим резания в пределах:
 $V = 20 - 35$ м/мин ; $S = 0,1 - 0,3$ мм/об.

5.6. Установить глубину резания $t = 0,5 - 1$ мм и проточить вал на всю длину.

5.7. Измерить полученные значения диаметров в каждом из намеченных сечений и результаты записать в протокол.

5.8. Установить заготовку вала для обработки по схеме на рис. 3 с использованием заднего центра.

5.9. Повторить для этой схемы обработки п.п. 5.2 – 5.7.

5.10. Схематически изобразить расчетную и фактическую форму обработанного вала при точении с задним центром и без него.

6. Содержание выводов

6.1. На основе результатов расчетов и эксперимента показать связь между изменением жесткости по длине заготовки и погрешностью формы обработанной поверхности.

6.2. Указать, при какой схеме установки заготовки достигается более высокая точность формы обработанной поверхности и объяснить причины этого.

6.3. Объяснить причины отличия расчетных значений диаметров от фактических.

7. Контрольные вопросы

- 7.1. Что понимается под жесткостью ТС?
- 7.2. В каких единицах измеряется жесткость?
- 7.3. Какие причины вызывают неравномерность жесткости ТС на длине рабочего хода инструмента?
- 7.4. Как влияет неравномерность жесткости ТС на точность формы обработанной поверхности?
- 7.5. Как влияет схема установки заготовки на жесткость ТС?

8. Литература

- 1. Мельников А.С. Технология машиностроения: основы достижения качества машины: учебное пособие. Ростов-на-Дону; Издательский центр ДГТУ, 2009. – 428 с.

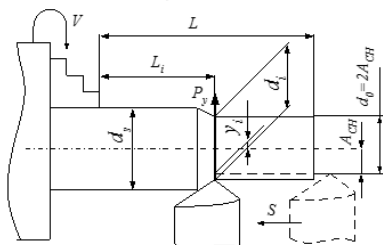
ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

ПРОТОКОЛ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ № 3
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ЖЕСТКОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
НА ТОЧНОСТЬ ФОРМЫ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

- Оборудование: модель _____
наименование _____
- Материал и вид заготовки _____
тип и материал режущей части _____
- Режущий инструмент – тип и материал режущей части: _____
- Режимы резания: $t =$ _____, $S =$ _____
 $n =$ _____, $d_{\text{нар}} =$ _____, $V =$ _____, $l =$ _____
- Прибор для измерения усилия резания и размеров детали:
наименование _____
цена деления _____

6. Схема обработки и измерения усилия резания



7. Результаты измерений и вычислений

Схема установки детали	Размеры детали на расстоянии l_i от кулачков									
	$l_1 =$		$l_2 =$		$l_3 =$		$l_4 =$		$l_5 =$	
	Фактический	Расчетный	Фактический	Расчетный	Фактический	Расчетный	Фактический	Расчетный	Фактический	Расчетный
В патрон										
В патрон, задний центр										

8. Вычисления

9. Выводы _____

Выполнил студент гр. _____

Принял преподаватель

Ф.И.О. _____
Подпись, дата _____

Ф.И.О. _____
Подпись, дата _____