

Министерство сельского хозяйства РФ

ФГБОУ ВПО «БРЯНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, НАДЕЖНОСТИ,
РЕМОНТА МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

В.Я. Коршунов, В.С. Комаров

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ
СИЛ РЕЗАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
УСЛОВИЙ ОБРАБОТКИ НА ТОЧНОСТЬ
ДЕТАЛЕЙ ПРИ ТОЧЕНИИ**

Методическое указание к лабораторной работе
по курсу «Технология сельскохозяйственного машиностроения»

Брянск 2013

УДК 621.9

ББК 34.751

М 69

Коршунов В.Я. Исследование влияния сил резания и технологических условий обработки на точность деталей при точении: методические указания / В.Я. Коршунов, В.С. Комаров. Брянск: Издательство Брянской ГСХА, 2013. – 18 с.

Пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 110304 – «Технология обслуживания и ремонта машин в АПК».

Рецензент: д.т.н., профессор Купреенко А.И.

Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно-технологического факультета Брянской государственной сельскохозяйственной академии, протокол № 9 от 22 мая 2013 года.

© Брянская ГСХА, 2013

© Коршунов В.Я., 2013

© Комаров В.С., 2013

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СИЛ РЕЗАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОБРАБОТКИ НА ТОЧНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ТОЧЕНИИ

Цель работы: Изучить влияние сил резания на точность заготовки вследствие ее деформации при точении и меры по её снижению.

Материальное оснащение работы

1. Стационарный компьютер
2. Специальное программное обеспечение

Общие указания

Под точностью механической обработки понимают степень соответствия обработанной детали её геометрически правильному прототипу или образцу.

Допуски на деталь конструктор назначает исходя из её служебного назначения и условий работы в изделии. Допуски на промежуточные размеры заготовок (технологические допуски) устанавливает технолог.

Общая погрешность обработки является следствием влияния ряда технологических факторов:

- 1) сил резания;

- 2) установки заготовки на станке;
- 3) усилием закрепления;
- 4) размерным износом режущего инструмента;
- 5) настройкой станка;
- 6) геометрическими неточностями станка;
- 7) неточностью изготовления инструмента;
- 8) температурных деформаций технологической системы.

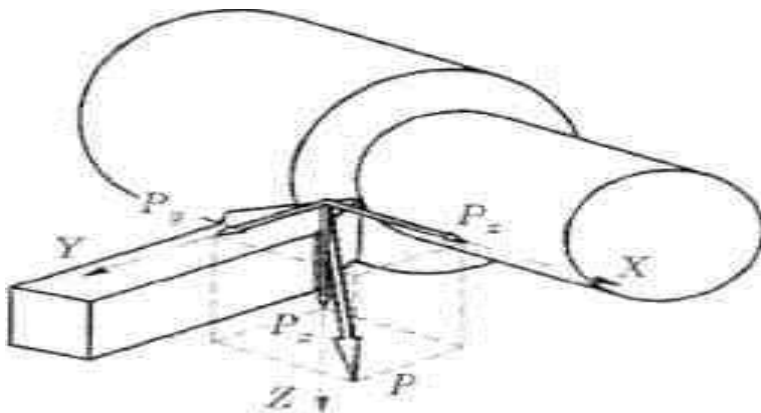


Рисунок 1– Схема разложения силы резания на составляющие при продольном точении на токарном станке

Деформации, возникающие в технологической упругой системе «СТАНОК – ПРИСПОСОБЛЕНИЕ – ИНСТРУМЕНТ – ДЕТАЛЬ» (СПИД) под влиянием действующих сил, является одним из источников погрешностей обработки и могут достигать 80% к суммарной погрешности обработки.

В общем случае на вал действуют три составляющих силы резания: P_z – тангенциальная сила, P_y - нормальная сила, P_x – сила подачи (рисунок 1).

Силы резания P_z и P_y изгибают вал соответственно в вертикальной и горизонтальной плоскостях, а P_x производит его центровое сжатие.

Применительно к обработке вала предельный прогиб от сил резания P_y и P_z для обеих схем установки (см. рисунок 2.1а и 2.1б) в сечении 1 – 1 для первой схемы и в сечении II – II аналитически определяется по формулам:

$$f_1 = \frac{P_z \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I}, \text{ см}; \quad f_2 = \frac{P_y \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I}, \text{ см}; \quad (1)$$

$$f_1 = \frac{P_z \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I}, \text{ см}; \quad f_2 = \frac{P_y \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I}, \text{ см}, \quad (2)$$

где P_z и P_y – усилия резания, Н;

L – длина вала, см;

E – модуль упругости материала, Н/см² (для стали – $E = 2 \cdot 10^7$, чугуна – $E = 1,3 \cdot 10^7$);

J – момент инерции, см⁴.

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = 0,05 \cdot d^4, \text{ см}^4, \quad (3)$$

где d – диаметр вала после проточки, см.

Суммарный прогиб определяем по формуле:

$$f_c = \sqrt{f_1^2 + f_2^2}. \quad (4)$$

Прогиб вала в сечениях I – I и II – II от силы P_x равен нулю. Сила резания определяется влиянием достаточно большого количества факторов, действующих в процессе резания, среди которых наибольшее влияние оказывают параметры режима резания: H - глубина резания, S - продольная подача, V - скорость резания; геометрия режущего клина инструмента; физико-механические характеристики инструментального материала, а также характеристики смазочно-охлаждающей технологической среды (СОТС).

Впервые глубокие научные исследования силовых зависимостей при резании были выполнены К. О. Зворыкиным, по результатам которых была предложена математическая модель для определения главной составляющей силы резания:

$$P_z = k_z b^{x_{Pz}} a^{y_{Pz}}$$

где k_z — коэффициент пропорциональности, который определяет влияние всех факторов процесса обработки за исключением ширины b и толщины a срезаемого слоя припуска. Любые изменения факторов процесса обработки требуют определения численного значения этого коэффициента. Кроме того, при заданных условиях обработки неизвестными величинами в

предложенной формуле являются показатели степени x_{Pz} , y_{Pz} , для определения которых необходимо выполнить экспериментальные исследования

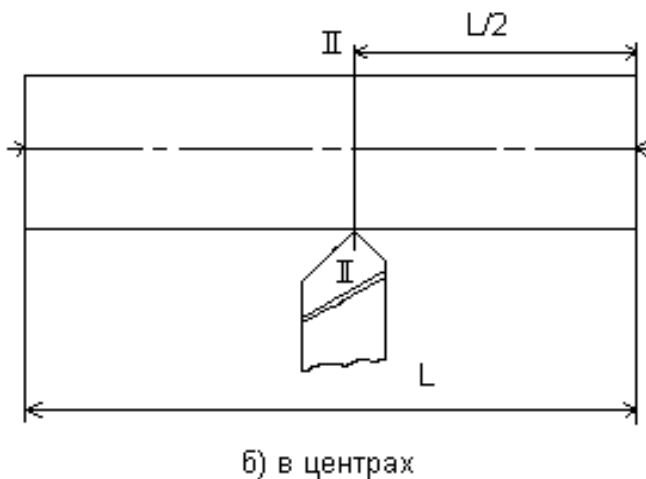
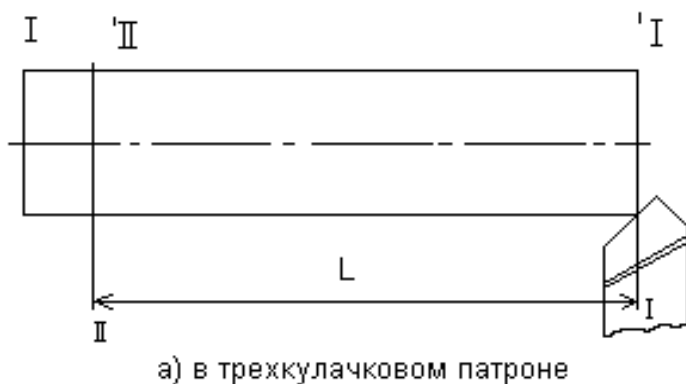


Рисунок 2 – Схемы обработки вала

где k_z — коэффициент пропорциональности, который определяет влияние всех факторов процесса обработки за исключением

ширины b и толщины a срезаемого слоя припуска. Любые изменения факторов процесса обработки требуют определения численного значения этого коэффициента. Кроме того, при заданных условиях обработки неизвестными величинами в предложенной формуле являются показатели степени x_{P_z} , y_{P_z} , для определения которых необходимо выполнить экспериментальные исследования влияния ширины b и толщины a срезаемого слоя припуска на величину составляющей P_z силы резания.

Для упрощения определения составляющих силы резания, материалы обрабатываемых деталей, были разделены на группы, для каждой из которых определили типичного представителя, наиболее благоприятные условия обработки и, на основе многочисленных экспериментальных исследований, были установленные нормативные значения показателей степени и коэффициента пропорциональности для общей структуры математической модели, которая определяет главную составляющую силы резания при токарной обработке:

$$P_z = C_{P_z} \cdot H^{x_{P_z}} \cdot S^{y_{P_z}} \cdot v^{n_{P_z}} \cdot k_{P_z},$$

Экспериментальные исследования силовых зависимостей предусматривают использование специальной измерительной аппаратуры (например, тензометрический динамометр УДМ-600) которая обеспечивает измерение отдельных составляющих

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Для определения сил резания P_z и P_y , в зависимости от технологических условий обработки, используется прикладная программа «Точение», которая находится на стационарном компьютере, а её главный интерфейс представлен на рисунке 3.

Инструкции и пояснения к работе с прикладной программой появляются на дополнительном интерфейсе при нажатии кнопки «Help».

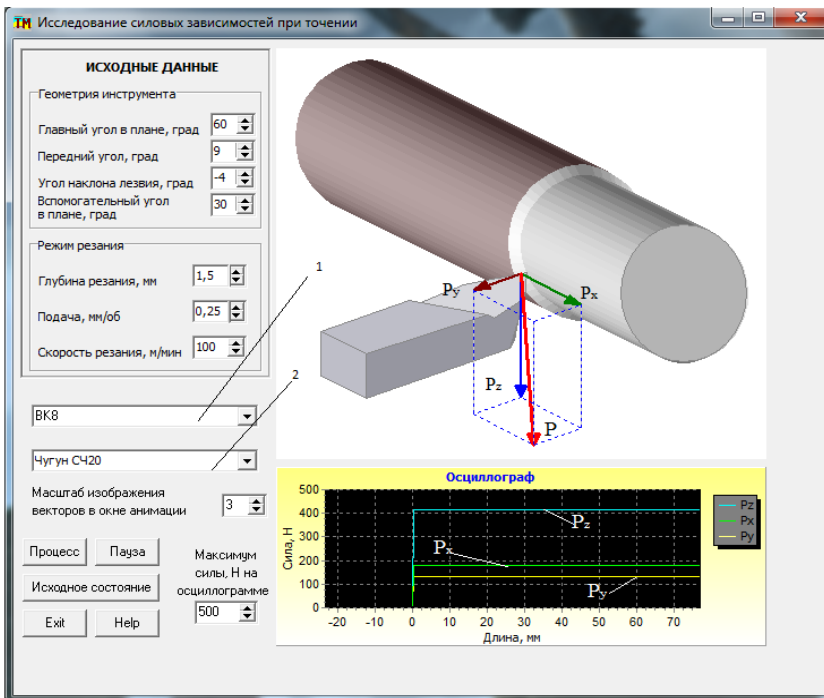


Рисунок 3 – Главный интерфейс программы «Точение»

На главном интерфейсе в окнах 1 и 2 выбираются материал инструмента и заготовки соответственно. На анимационном поле изображены векторы силы P резания и её составляющих P_z , P_y и P_x , а на осциллографе — осциллограммы составляющих силы резания. При изменении любых геометрических параметров режущей части инструмента соответствующие изменения отображаются на анимационном поле прикладной программы.

В соответствии с вариантом индивидуального задания, которое задаётся по таблице 1, необходимо разработать методику исследования изменения составляющих силы резания с учётом диапазонов изменения параметров процесса обработки, которые поддерживаются программой.

Глубина резания изменяется в диапазоне $H = 0,2 \div 4,0$ мм с дискретностью 0,1 мм; продольная подача - $S = 0,05 \div 0,5$ мм/об с дискретностью 0,01 мм/об; скорость резания - $V = 10 \div 200$ м/мин с дискретностью 1 м/мин; главный угол в плане - $\varphi = 30 \div 90^\circ$; передний угол - $\gamma = 0 \div 15^\circ$; угол наклона режущей кромки - $\lambda = -5 \div 5^\circ$, все с дискретностью 1° . Вспомогательный угол в плане φ_1 в исследованиях принимается неизменным и выбирается в диапазоне $\varphi_1 = 30 \div 60^\circ$.

Для всех вариантов индивидуального задания, условия которых приведены в таблице 2, необходимо провести исследования на ЭВМ, с целью установления зависимостей составляющих P_z , P_y , силы резания от переменных параметров.

Исследование влияния переменных параметров на составляющие силы резания выполняется по «классической» методике однофакторных экспериментов, а именно,

последовательные изменения одного параметра производятся при неизменных значениях всех других параметров.

Значения сил резания P_z и P_y , полученных в результате выполненных исследований, необходимо занести в таблицу исходных и экспериментальных данных, по которым построить соответствующие графики зависимостей составляющих силы резания от заданных переменных параметров процесса обработки.

Таблица 1 – Варианты индивидуального задания

№ варианта	Первая цифра	Вторая цифра	Третья цифра	Четвёртая цифра	Пятая цифра
0	0	0	0-3	0	0
1	1	1	1	0-3	1
2	2	1	5	1	0-3
3	3	0	4-7	1	3
4	4	4	4	1- 4	7
5	5	5	2	4	4-7
6	6	6	0-3	3	6
7	7	7	6	4-7	7

Таблица 2 – Исходные данные варианта задания

Первая цифра	Материал		Вторая	H, мм	Третья	V, м/мин	Четвёртая	S, мм/об.	Пятая	Ψ, град
	заготовка	инст-нт								
0	Сталь 50	T5K10	0	0,5	0	50	0	0,3	0	30
1	Сталь 40X	T5K12	1	1,0	1	100	1	0,5	1	50
2	Сталь 30ХМА	T15K6	2	1,5	2	150	2	0,75	2	70
3	Сталь 25ХГТ	ТТ7К12	3	2,0	3	200	3	0,9	3	90
4	Сталь 35ХГСА	ТТ7К12	4	0,5	4	50	4	1,1	4	30
5	Чугун СЧ20	ВК8	5	1,0	5	75	5	1,3,45	5	50
6	Чугун ВЧ60	ВК8	6	1,5	6	100	6	1,55	6	70
7	Чугун КЧ60-3	ВК10-ОМ	7	2,0	7	125	7	1,75	7	90

Пример заполнения таблицы 3 согласно варианту задания №5.

Таблица 3 – Исходные и экспериментальные данные

Материал		H, мм	V, м/мин	S, м/мин мм/об	ϕ° γ	ϕ'°	γ°	λ°	P _z , Н	P _v , Н
Заготовка	Инстру- стру-									
Чугун СЧ20	ВК8	1,0	75	1,3	30 50 70 90	15	0	0		

Перед активацией прикладной программы подготовить таблицы экспериментальных данных, где указать конкретные цифровые величины параметров, в функции которых будут проводиться исследования. При этом необходимо ориентироваться на рекомендованные диапазоны и шаги изменения параметров. После активации программы ввести исходные данные, установить первое значение изменяемого параметра и последовательно провести запись осциллограмм составляющих силы резания для всего запланированного диапазона.

На основе полученных значений сил резания P_z и P_γ рассчитываем по формулам (1), (2) прогиб вала для 1-ой или 2-й схеме базирования (задаёт преподаватель).

Полученные значения погрешностей f_i заносятся в таблицу 4.

По результатам экспериментальных исследований построить графики соответствующих зависимостей (рис. 4- рис.8). Графики экспериментальных зависимостей удобно строить с использованием пакета Excel по данным таблиц.

Таблица 4 – Результаты расчётов прогиба вала при точении

№ варианта	Способ установки и закрепления заготовки	Длина заготовки, мм	Сила резания, Н		Прогиб, мм		
			P_z	P_y	Расчетный		Суммарный
					f_1	f_2	
	В 3-х кулачковый патрон	150					
		180					
		210					
	В центрах	150					
		180					
		210					

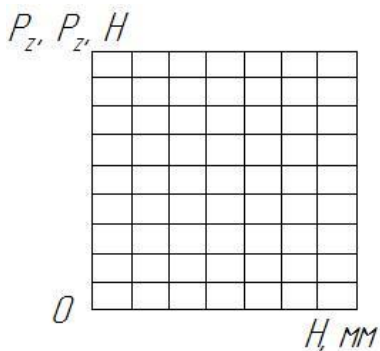


Рисунок 4 - Зависимость сил резания от глубины резания

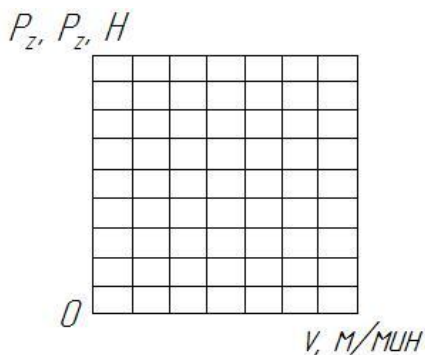


Рисунок 5 - Зависимость сил резания от скорости резания

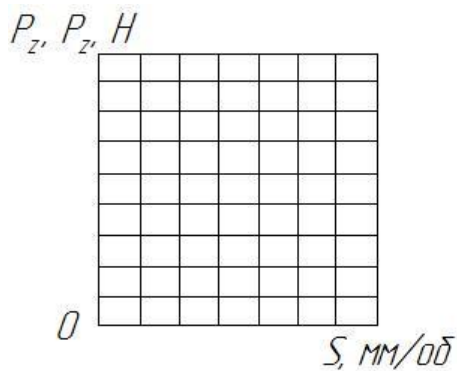


Рисунок 6 - Зависимость сил резания от подачи

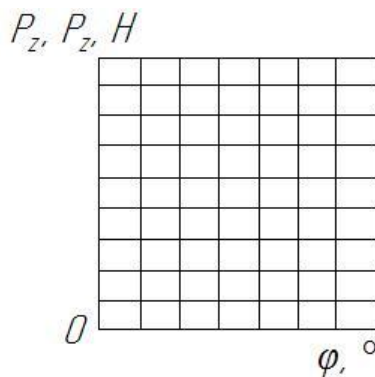


Рисунок 7 - Зависимость сил резания от главного угла в плане

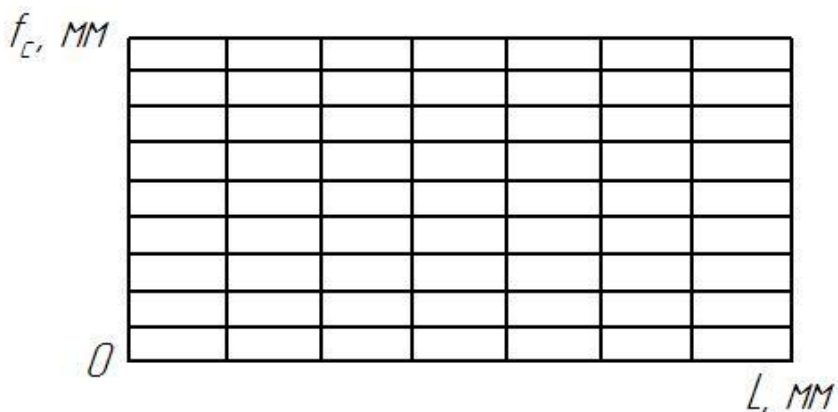


Рисунок 8 - Зависимость суммарного прогиба заготовки от длины заготовки

После построения графиков необходимо сделать выводы, которые должны соответствовать исследованному диапазону режима резания для приведенных материалов, инструмента и заготовки.

Выводы:

Контрольные вопросы

1. Как изменяются силы резания P_z и P_y от геометрии токарного резца (главного угла в плане Ψ , вспомогательного угла в плане Ψ' , переднего угла γ , угла наклона режущей кромки λ)?
2. Как изменяются силы резания P_z и P_y от режимов обработки (глубины резания H , продольной подачи S , скорости V)?
3. Как изменяются силы резания P_z и P_y от марки обрабатываемого материала?
4. Приведите формулы для расчёта прогиба вала при точении от сил резания P_z и P_y .
5. Как изменяется прогиб вала при точении от величины сил резания P_z и P_y ?

ЛИТЕРАТУРА

1. Некрасов С.С. Технология сельскохозяйственного машиностроения (Общий и специальный курс) / С.С. Некрасов, В.К. Приходько, Л.Г. Баграмов. – М.: Колос, 2004. – 360 с.
2. Некрасов С.С. Практикум и курсовое проектирование по технологии сельскохозяйственного машиностроения / С.С. Некрасов. – М.: Колос, 2004. – 240 с.
3. Петраков Ю.В. Моделирование процессов резания / Ю.В. Петраков, О.И. Драчёв. – Старый Оскол: «ТНТ», 2011. – 240 с.

Учебное издание

Коршунов Владимир Яковлевич

Комаров Владимир Сергеевич

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СИЛ РЕЗАНИЯ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОБРАБОТКИ
НА ТОЧНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ТОЧЕНИИ**

методические указания

Компьютерный набор и вёрстка Комаров В.С.

Редактор Лебедева Е.М.

Подписано к печати 20.06.2013 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Бумага печатная. Усл. п. л. 1,04. Тираж 100 экз. Изд. № 2365.

Издательство Брянской государственной сельскохозяйственной академии
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянская ГСХА