

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Утверждаю

Директор ИК

Захарова А.А.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2014 г.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕЗАНИЯ В УСЛОВИЯХ  
НАРОСТООБРАЗОВАНИЯ**

Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине  
«Резание материалов и режущий инструмент»  
для студентов, обучающихся по направлению 150700 «Машиностроение»

Томск 2014

УДК 621.9.01:681.5

Исследование процессов резания в условиях наростообразования.

Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Резание материалов и режущий инструмент» для студентов, обучающихся по направлению 150700 «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств».- Томск: Изд. ТПУ, 2014.-12 с.

Составители

ассистент А.Б. Ким  
доц., канд. техн. наук А.Ю. Арляпов  
доц., канд. техн. наук В.Н.Сбоев

наук

Рецензент

доц., канд. техн. наук В.Ф. Скворцов

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры «Технология автоматизированного машиностроительного производства»

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2014 г.

Зав. кафедрой  
доц., канд. техн. наук

А.Ю. Арляпов

Лабораторная работа № 4  
«ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕЗАНИЯ В УСЛОВИЯХ  
НАРОСТООБРАЗОВАНИЯ»

### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить влияние температуры резания на процесс резания.

### 2. ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Экспериментально получить зависимости технологических составляющих усилий резания  $P_x, P_y, P_z$  от скорости резания  $V$ .
2. Экспериментально получить зависимость температуры резания  $\theta$  от скорости резания  $V$ .
3. Экспериментально получить зависимости высоты микронеровностей  $R_z$  на обработанной поверхности от скорости резания  $V$ .
4. Экспериментально получить зависимость усадки стружки  $\zeta$  от скорости резания.
5. Дать теоретическое объяснение полученным результатам.

### 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Экспериментальная часть работы выполняется однофакторным методом, при котором диаметр обработки  $D$ , глубина резания  $t$  и подача  $S$  остаются постоянными, и меняется только скорость резания. Необходимые глубина резания и подача указываются преподавателем.

Работа выполняется в следующей последовательности:

1. Измеряется диаметр заготовки  $D$  (мм).
2. Устанавливается минимальное число оборотов шпинделя  $n_l = 12,5$  об/мин и протачивается участок поверхности заготовки длиной 6...8 мм. В процессе точения измеряются силы резания и величина теплотока. Измеренные величины заносятся в табл.1.
3. В конце участка продольная подача выключается а при помощи ручки поперечной подачи на обработанной поверхности наносится углубление  $h \approx 0,2$  мм, необходимое для разделения обработанных участков. Затем резец отводится, нажимается кнопка «стоп» и после остановки шпинделя устанавливается следующее по ряду число оборотов.
4. Берется образец стружки  $l \approx 200$  мм и укладывается в пакет. На пакете указывается число оборотов, при котором получена стружка.
5. Пункты 2...4 повторяются при последующих числах оборотов. Верхнее значение числа оборотов необходимо выбирать  $n_{max} = 1000...1250$  об/мин.
6. По эталонам чистоты обработанной поверхности, согласно табл.2 при каждом числе оборотов определяются величины высоты микронеровностей  $R_z$  и заносятся в таблицу 1.

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Практически вся энергия, затраченная в процессе резания, выделяется в виде тепла. Источниками тепловыделения в процессе резания являются область сдвига и площадка контакта по передней и задней поверхностям резца. Источники тепла и направление тепловых потоков при резании показаны на рис.1. Мощность источников тепла  $Q_1...Q_3$  очень велика, поэтому на рабочих поверхностях инструмента температура может достигать 1000 и более градусов Цельсия. При установившемся процессе резания принято различать два вида температуры - температура в конкретной точке контакта  $\theta_i$ , которая меняется вдоль длины контакта по закону, показанному на рис.2, и температура резания  $\theta$ , которая может быть на остром резце определена как:

$$\theta = \int_0^c \theta(x) dx \cdot \frac{1}{OC} \quad (1)$$

Как видно из рис.2, максимальное значение температуры контакта  $\theta_i$  может существенно превышать температуру резания  $\theta$ .

Температуру резания измеряют при помощи метода, получившего название «метода естественной термопары». Схема измерений методом естественной термопары показана на рис.3. При измерениях температуры методом естественной термопары измеряется разность потенциалов (либо величина тока) между изолированным от корпуса станка резцом и деталью, потенциал с которой снимается через специальный токосъемник. Измерение температуры резания методом естественной термопары основано на том, что при нагревании находящихся в контакте различных материалов, между ними возникает разность потенциалов, пропорциональная температуре нагрева. При измерениях температуры резания роль одного материала играет деталь, а второго – резец. Для определения соответствий между разностью потенциалов (ТЭДС) и температурой резания проводится тарировка естественной термопары. При тарировке образцы из обрабатываемого и инструментального материалов соединяются и помещаются в печь, температура в которой может быть измерена каким-либо прибором. При нагревании печи одновременно измеряются величина ТЭДС между образцами и температура печи, строится тарировочный график «ТЭДС – температура». Пример тарировочного графика приведен на рис.4.

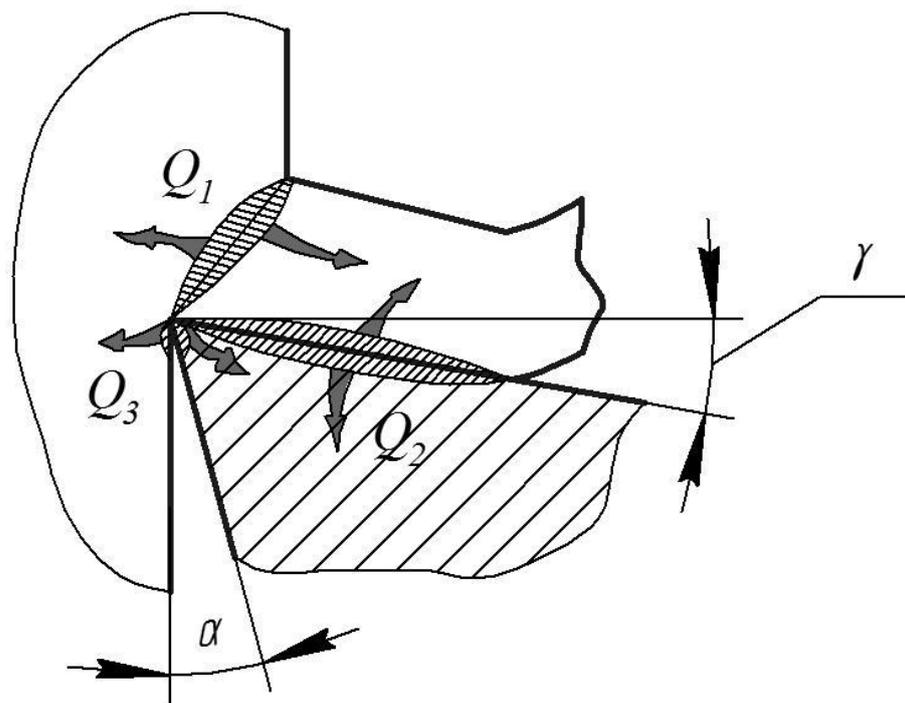


Рис.1. Источники тепла и направление тепловых потоков при резании.  
 $Q_1$  – источник тепла в области сдвига,  
 $Q_2$  – источник тепла на передней поверхности,  
 $Q_3$  – источник тепла на задней поверхности

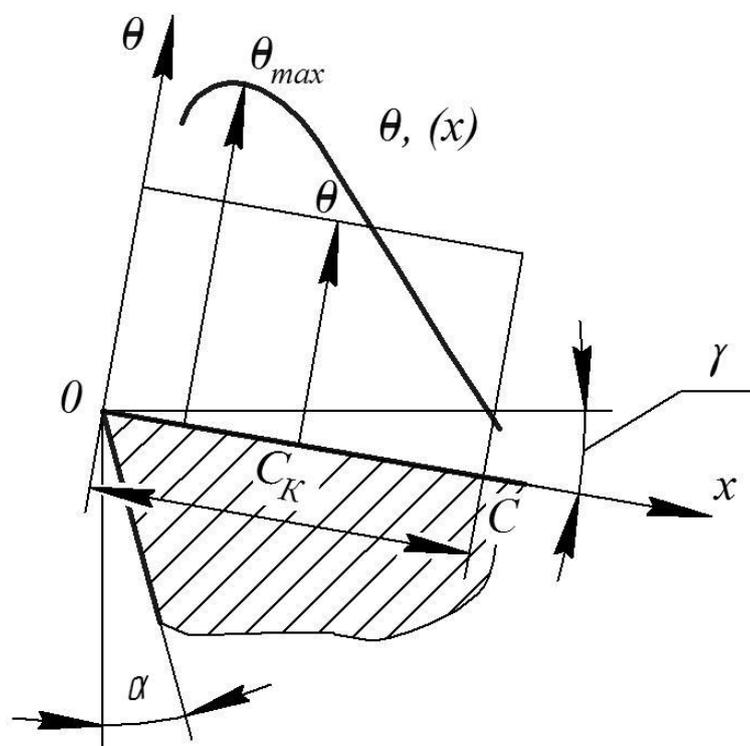


Рис.2. Распределение температуры на передней поверхности резца.  
 $Q_{max}$  – максимальное значение,  
 $Q$  – среднее значение

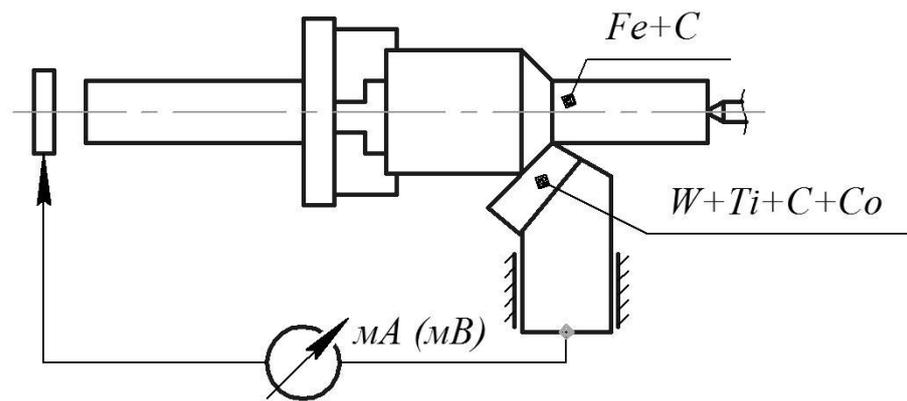


Рис.3. Схема измерений температуры резания методом «Естественной термопары»

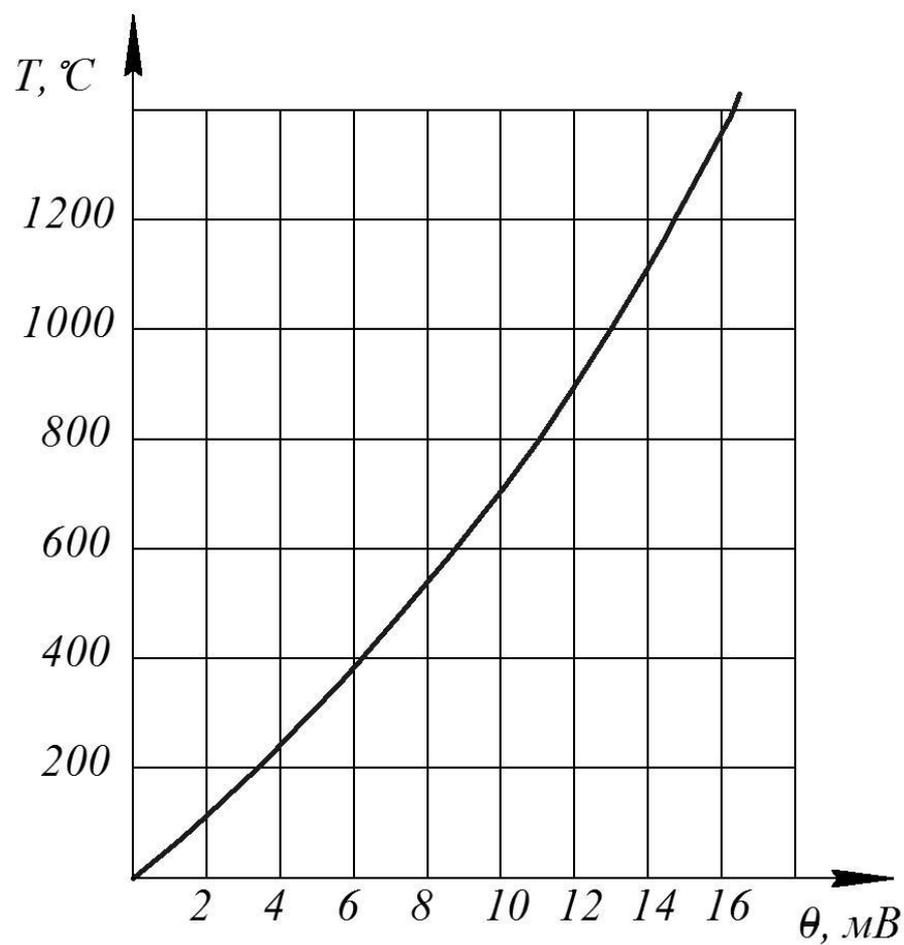


Рис.4. Тарировочный график «Сталь 45 – Т15К6»

Зависимость температуры резания от скорости резания представлена на рис.5. Из рис.5 видно, что с ростом скорости температура резания монотонно возрастает. Там же на рис.5 приведена зависимость силы резания  $P_z$  от скорости. Как видно из рис.5 сила  $P_z$  с ростом скорости меняется немонотонно. "Провал" на зависимости  $P_z = f(V)$  является следствием процессов образования нароста, происходящих в определенном интервале температур резания.

Нарост представляет собой образование из сильно продеформированного обрабатываемого материала на передней поверхности резца рис.6. Нарост не является стационарным образованием, он как бы пульсирует на передней поверхности, возникая, разрушаясь и снова возникая. Явление образования нароста является крайне вредным при резании. Во-первых, при образовании нароста появляется дополнительная пульсирующая составляющая силы резания  $\Delta P$ , во-вторых, продукты разрушения нароста уходят на обработанную поверхность и в условиях наростообразования крайне сложно получить хорошее качество обработанной поверхности. Твердость нароста выше твердости обрабатываемого материала, поэтому в условиях наростообразования нарост начинает играть роль режущей кромки и части передней поверхности резца.

При образовании нароста действительное значение переднего угла резца  $\gamma_d$  увеличивается по сравнению с начальной его величиной  $\gamma_n$ . При этом происходит поворот плоскости сдвига (угол  $\psi$  увеличивается до  $\psi_d$  рис.6), уменьшается усадка стружи, уменьшаются силы резания. Образование нароста сильно зависит от температуры резания. На рис.7 показано как меняется величина действительного переднего угла  $\gamma_d$  на резце в условиях наростообразования при изменениях скорости (температуры) резания. Если при температуре  $\theta_{cp} \approx 300^\circ\text{C}$  нарост достигает максимальной величины, то при  $\theta_{cp} > 600^\circ\text{C}$  он практически исчезает. В области I нарост растет, а в области II - уменьшается и в области III исчезает. В том случае, если необходимо получить высокое качество обработанной поверхности, необходимо частично, либо полностью избавиться от нароста. На твердосплавном инструменте, который может работать при температурах  $\theta_{cp} > 600^\circ\text{C}$ , сделать это сравнительно просто - необходимо выбрать такую скорость резания, чтобы температура резания превышала  $600^\circ\text{C}$ . При применении быстрорежущего инструмента, теплостойкость которого составляет порядка  $550^\circ\text{C}$ , увеличение скорости является невозможным. Поэтому при применении быстрорежущего инструмента остается только уменьшать скорость настолько, чтобы явления наростообразования проявлялись незначительно. Уменьшить нарост позволяют специальные виды смазывающих жидкостей.

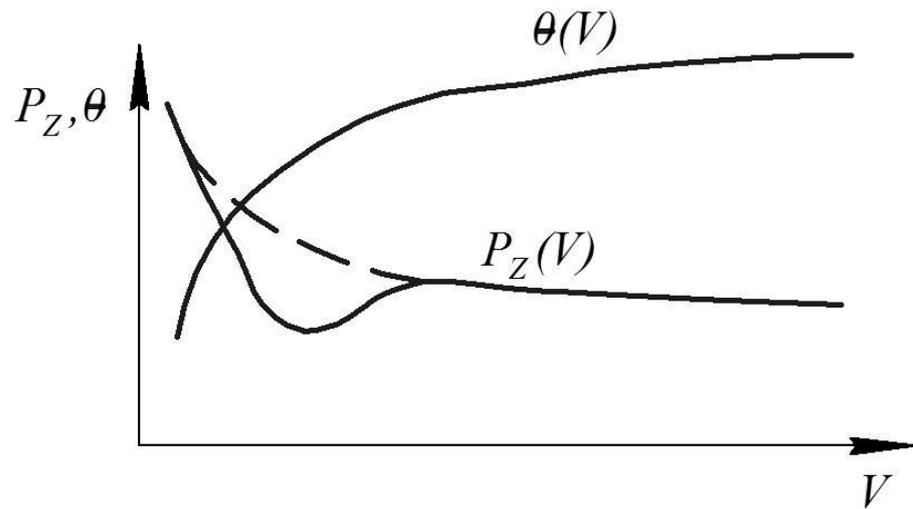


Рис.5. Зависимость силы резания  $P_z$  и температуры резания  $\theta$  от скорости резания  $V$ .

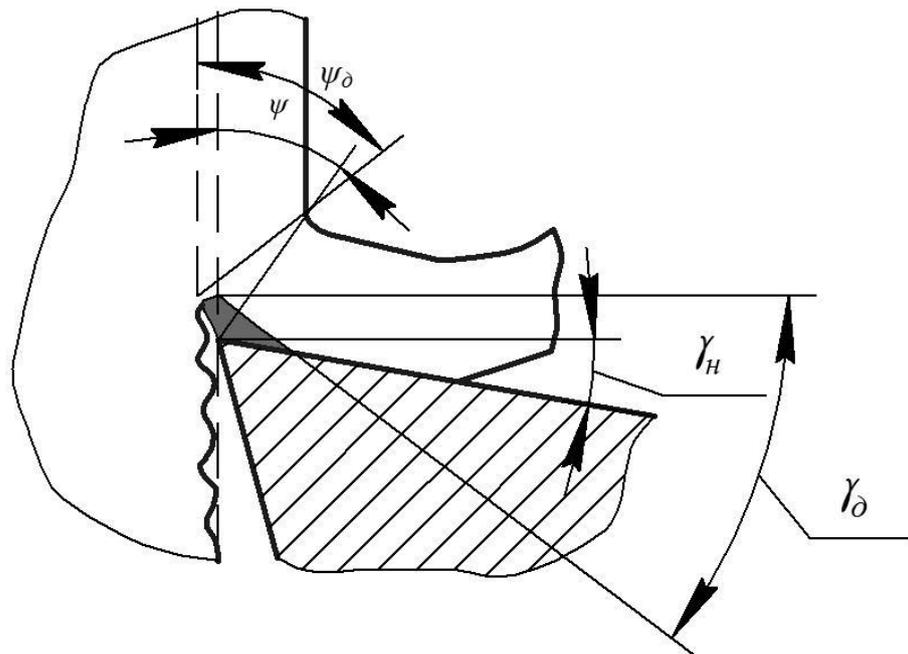


Рис.6. Нарост на передней поверхности резца. Изменение переднего угла  $\gamma_d$  в условиях образования нароста.

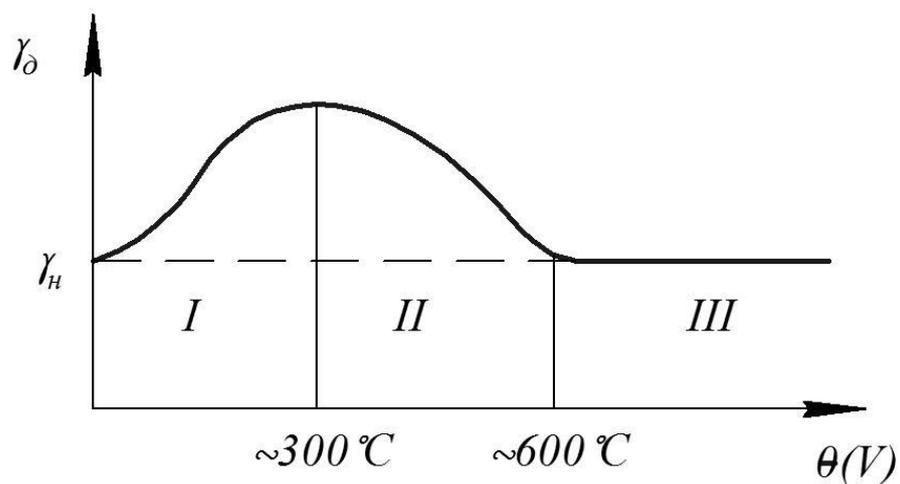


Рис.7. Зависимость действительного значения переднего угла  $\gamma_{\delta}$  от температуры резания  $\theta_{cp}$  в условиях образования нароста.

Таблица 1

$n$	$V$	$P_z$		$P_y$		$P_x$		$\theta$		$G_{emp}$	$l_{emp}$	$\zeta$	$Rz$	
		$\mu A$	Н	$\mu A$	Н	$\mu A$	Н	$\mu A$	$^{\circ}C$				Г	мм
12,5														
...														
...														
1250														

Примечание	$S = \dots$ мм/об, $D = \dots$ мм, $t = \dots$ мм
------------	---

Сводная таблица экспериментальных данных

Таблица 2

$\nabla$	$\nabla_1$	$\nabla_2$	$\nabla_3$	$\nabla_4$	$\nabla_5$	$\nabla_6$	$\nabla_7$	$\nabla_8$	$\nabla_9$
$Rz$ мкм	320	160	80	40	20	10	6,3	3,2	1,6

## 5. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

1. При каждом числе оборотов шпинделя  $n_i$  определяются скорости резания:

$$V = \pi D n_i / 1000, \text{ м/мин} \quad (2)$$

где:  $D$  - диаметр обработки (мм)

2. При каждом числе оборотов определяется температура резания. Температура определяется в два этапа:
  - определяется величина ТЭДС

$$\Theta_i = 10^{-3} R I_i, \text{ мВ} \quad (3)$$

где:  $I_i$  - показания прибора  $\mu\text{А}$

$R$  - сопротивление цепи измерений термотока  $I_i$  (величина указана на корпусе прибора).

- по тарировочному графику рис.4 определяется температура резания  $\Theta_{cp}$  и заносится в таблицу 1.

3. При каждом числе оборотов  $n_i$  определяется усадка стружки. Усадка определяется весовым способом с использованием выражения:

$$\zeta_i = (10^3 / g S t) \cdot (G_{стр} / l_{стр}) \quad (4)$$

где:  $G_{стр}$  - вес стружки (г)

$l_{стр}$  - длина стружки (мм)

$g$  - удельный вес материала стружки ( $\text{г/см}^3$ ),  $g = 7,8 \text{ г/см}^3$

$S$  - подача (мм/об)

$t$  - глубина резания (мм)

Длина стружки определяется тонкой медной проволокой. Вес стружки определяется взвешиванием на аналитических весах. Измеренные величины  $G_{стр}$ ,  $l_{стр}$  заносятся в таблицу 1.

4. Для определения сил резания  $P_x$ ,  $P_y$ ,  $P_z$  необходимо их значения в микроамперах умножить на тарировочные коэффициенты, определенные в лабораторной работе №2.

$$P_z = K_{Pz} \cdot I_Z \cdot \varepsilon_z$$

$$P_y = K_{Py} \cdot I_Y \cdot \varepsilon_y$$

$$P_x = K_{Px} \cdot I_X \cdot \varepsilon_x$$

5. С использованием данных в табл.1 строятся зависимости  $P_{x,y,z} = f(V)$ ,  $\Theta_{cp} = f(V)$ ,  $Rz = f(V)$ ,  $\zeta = f(V)$  согласно образцу, приведенному на рис.8.

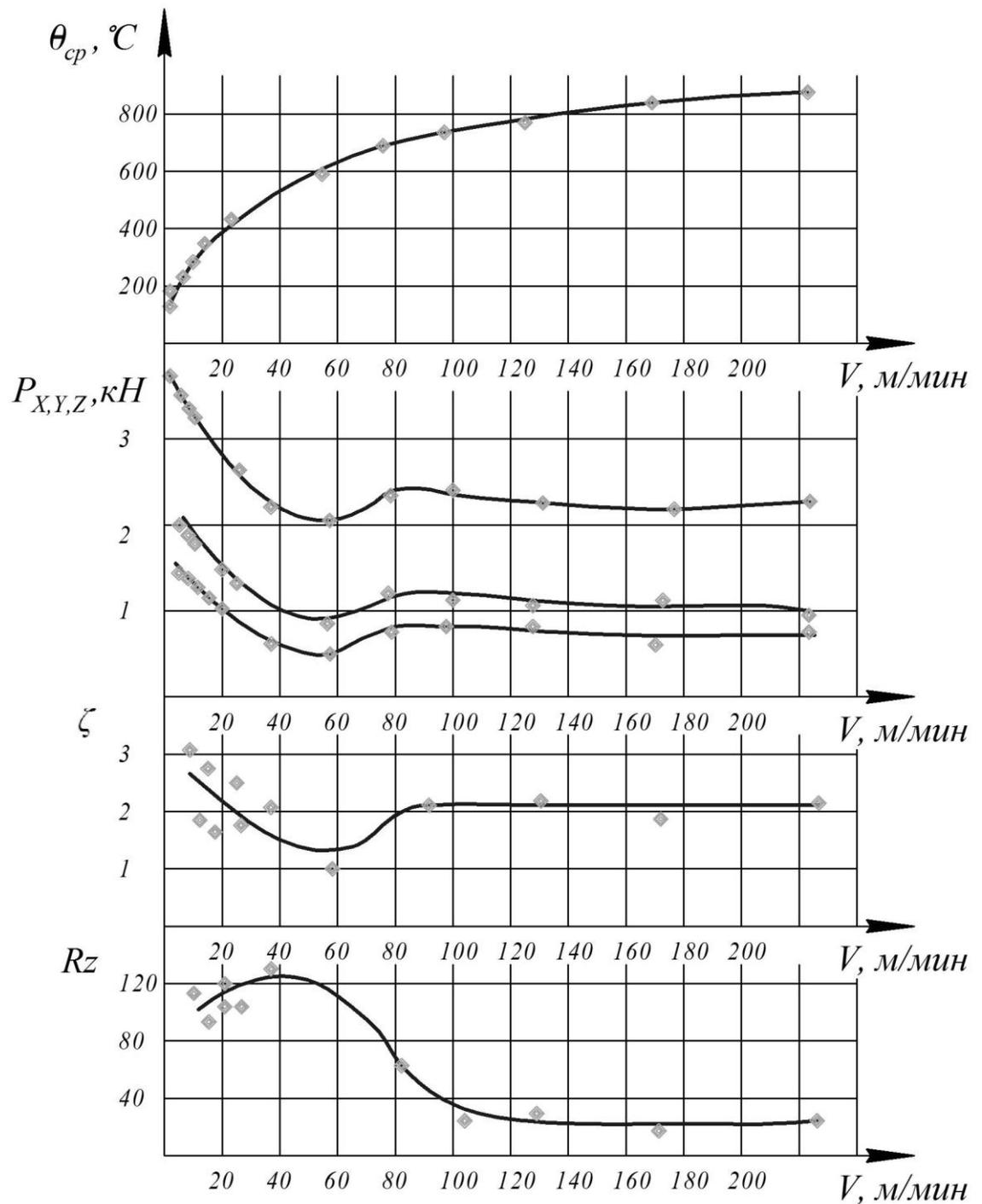


Рис.8. Зависимости температуры резания  $\theta_{cp}$ , сил резания  $P_x$ ,  $P_y$ ,  $P_z$ , усадки стружки  $\zeta$  и высоты микронеровностей  $Rz$  от скорости резания  $V$ . Обработываемый материал Сталь 45, резец Т15К6,  $t = 2,0$  мм,  $S = 0,28$  мм/об.

## 6. ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

Отчет оформляется на листах II-го формата. Отчет обязательно должен содержать следующие пункты:

1. Название работы .
2. Цель работ и задачи исследований.
3. Последовательности выполнения (кратко).
5. Таблицу измеренных величин (табл.1).
6. Графики зависимостей  $\Theta_{cp} = f(V)$ ,  $P_{x,y,z} = f(V)$ ,  $\zeta = f(V)$ ,  $R_z = f(V)$ .
7. Выводы по работе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Еремин А.Н. Физическая сущность явлений при резании стали. М. – Свердловск, машгиз, 1961, - 190 с.
2. Даниелян А.М. Резание металлов и инструмент. М.: Машгиз, 1950, - 270 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕЗАНИЯ В УСЛОВИЯХ НАРОСТООБРАЗОВАНИЯ

Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине  
«Резание материалов и режущий инструмент» для студентов, обучающихся по  
направлению 150900 «Технология, оборудование и автоматизация  
машиностроительных производств»

*Составители*

ассистент А.Б. Ким  
доц., канд. техн. наук А.Ю. Арляпов  
доц., канд. техн. наук В.Н. Сбоев

*Рецензент*

кандидат технических наук      Скворцов В.Ф.

Подписано к печати 05.11.2012. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».  
Печать XEROX. Усл.печ.л. 9,01. Уч.-изд.л. 8,16.  
Заказ      . Тираж 100 экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
Система менеджмента качества  
Издательства Томского политехнического университета сертифицирована  
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



**ИЗДАТЕЛЬСТВО**  **ТПУ**. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30  
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, [www.tpu.ru](http://www.tpu.ru)