

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования «Барановичский государственный университет»

А. В. Алифанов, И. А. Богданович, Н. М. Федосов

# **МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ**

Пособие к практической работе

Барановичи  
БарГУ  
2017

УДК 620(042.4)  
ББК 34.63-573  
А50

Авторы:  
А. В. Алифанов, И. А. Богданович, Н. М. Федосов

Рецензенты:  
заведующий лабораторией механофизики формирования гетерогенных систем государственного научного учреждения «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси» А. М. Миллокова; кандидат технических наук, доцент кафедры оборудования и автоматизация производства учреждения образования «Барановичский государственный университет» В. Ф. Барышников

**Алифанов, А. В.**  
**А50** **Металлорежущий инструмент** : пособие к практич. / А. В. Алифанов, И. А. Богданович, Н. М. Федосов ; М-во образования респ. Беларусь, Баранович. гос. ун-т. — Барановичи : БарГУ, 2017. — 35 с.  
ISBN 978-985-498 -764-4.

Даны методические рекомендации по изучению основных конструкций металлорежущих резцов и методы изучения влияния их геометрических параметров на производительность и качество обработки. Приведены задания для самостоятельного выполнения работы и методика оформления отчета.

Рекомендуется студентам инженерных специальностей высших учебных заведений, а также руководителям дипломных указанных специальностей.

УДК 620(042.4)  
ББК 34.63-573

-----  
*Учебное издание*

**Алифанов Александр Викторович**  
**Богданович Ирина Аркадьевна**  
**Федосов Николай Михайлович**

## МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

Пособие к практической работе

Ответственный за выпуск С. А. Березнюк  
Технический редактор А. Ю. Сидоренко  
Компьютерная вёрстка С. М. Глушак  
Корректор Н. Н. Колодко

Подписано в печать 03.05.2017. Формат 60 × 84 1/16. Бумага офсетная. Ризография. Усл. печ. л. 2,20.  
Уч.-изд. л. 1,40. Заказ 280. Тираж 65 экз.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования «Барановичский государственный университет»,  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий  
№1/424 от 09.09.2016. Ул. Войкова, 21, 225404, г. Барановичи  
Тел.: 8(0163) 45-46-28, e-mail: rio@barsu.by

ISBN 978-985-498-764-4

© БарГУ, 2016

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Предисловие</i> .....	4
1 Цель работы .....	5
2 Основные теоретические сведения для проведения практической работы .....	5
2.1 Схемы токарной обработки .....	5
2.2 Части и элементы резца .....	7
2.3 Углы резца в процессе резания .....	13
2.4 Классификация токарных резцов .....	16
2.5 Шероховатость обработанной поверхности .....	18
3 Измерительные приборы и методика измерения .....	21
3.1 Измерение углов токарного резца .....	21
3.2 Измерение шероховатости поверхности .....	26
4 Задания для самостоятельного выполнения работы .....	30
5 Оформление отчета .....	39
6 Контрольные вопросы .....	34
Список использованных источников .....	36
Список рекомендованных источников .....	36

Репозиторий БарГУ

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Расчет режущего инструмента является одним из основных разделов дипломного проекта для специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения» и 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства». Поэтому назначение издания заключается в методической помощи дипломникам при обосновании выбора режущего инструмента в соответствии с требуемыми технологическими параметрами обработки и его расчета.

Особенность построения данного пособия по изучению основных конструкций резцов и влияния их геометрических параметров на качество обработки заключается в том, что они состоят из теоретической части, необходимой для выполнения практической работы, а также индивидуальных заданий.

Также в издании освещены моменты, что нужно иметь в виду, чтобы практическая работа выполнялась более производительнее и с наименьшими затратами студентами аудиторного времени.

## 1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цели работы:

- изучение основных конструкций резцов;
- исследование влияния геометрии резцов на точность и шероховатость обрабатываемых поверхностей, а также на производительность процесса резания;
- исследование влияния скорости подачи при постоянной геометрии рабочей части резцов на шероховатость обработанной поверхности.

## 2 ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

До проведения практического занятия необходимо изучить краткие теоретические сведения по теме проведения практической работы (список рекомендуемых источников). Необходимо помнить, что обработка металлов резанием — один из наиболее распространённых методов получения поверхностей в машиностроении; каждому качеству точности соответствует определенная шероховатость поверхности; на точность обработки и шероховатость поверхностей в большой степени влияет геометрия режущих инструментов и ее изменение в процессе обработки; широкое применение в промышленности станков с программным управлением обуславливает необходимость настройки инструментов вне станков. В этом случае необходимо знать, как изменяются геометрические параметры резца в зависимости от правильности установки их на станке и как это влияет на точность обработки.

### 2.1 Схемы токарной обработки [1; 2]

Обработка резанием — обработка, заключающаяся в образовании новых поверхностей путем деформирования и последующего отделения поверхностных слоев материала с образованием стружки.

Представим схему токарной обработки (рис. 1).

Обрабатываемой поверхностью *1* называется поверхность заготовки, которая будет удалена режущим инструментом в процессе обработки.

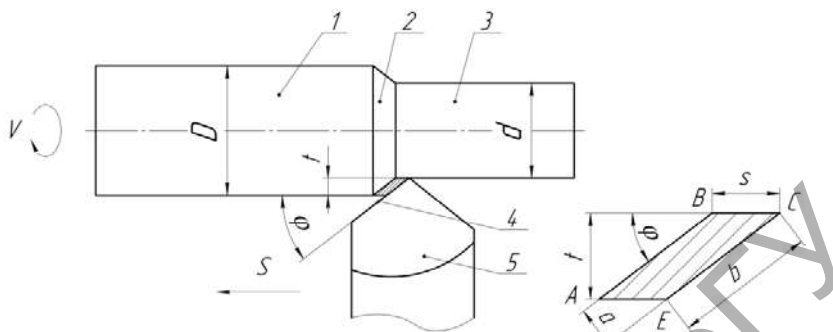


Рисунок 1 — Схема токарной обработки

Поверхностью резания 2 называется поверхность, образуемая на обрабатываемой заготовке непосредственно режущей кромкой 4 инструмента 5.

Обработанной поверхностью 3 называется поверхность детали, полученная в результате обработки.

Процесс резания возможен при совмещении двух основных движений: главного движения резания, движения подачи.

При точении главное движение — это вращение закрепленной в шпинделе станка заготовки, которое характеризуется скоростью резания  $V$  (м/мин), т. е. наибольшей линейной скоростью вращающейся заготовки относительно режущей кромки режущего инструмента:

$$V = \frac{\pi D n}{1000},$$

где  $D$  — диаметр заготовки, мм;

$n$  — число оборотов заготовки в мин.

Подачей  $S$  при точении называется поступательное перемещение резца за один оборот заготовки, мм/об. Продольная подача  $S_{пр}$  — при движении резца вдоль оси заготовки, поперечная подача  $S_{п}$  — поперек оси.

Движение подачи может быть прямолинейным (точение цилиндрических и конических поверхностей, отрезание, подрезание торцов) и криволинейным (точение по копиру, контурная обработка на станках с числовым программным управлением).

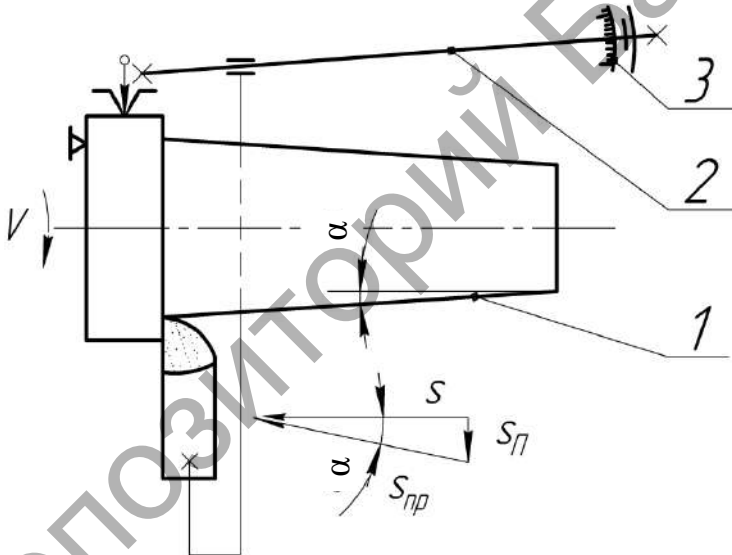
Представим схему обработки конической поверхности 1 на токарном станке с применением копирно-конусной линейки 2 (рис. 2).

Установка направляющей линейки на определенный угол и ее жесткая фиксация осуществляются поворотным устройством 3.

Направление подачи  $S$  выполняется под углом  $\alpha$  ( $S_{пр}$ ,  $S_{п}$  — продольная и поперечная составляющие подачи  $S$  соответственно).

При точении движения резания и подачи совершаются одновременно и непрерывно. Они обеспечивают снятие припуска материала, определяемого глубиной резания  $t$ .

Глубиной резания  $t$  называется величина слоя металла, срезаемого за один рабочий ход резца и измеренная в направлении, перпендикулярном к обработанной поверхности.



## 2.2 Части и элементы резца [1; 4]

Резец состоит (рис. 3) из рабочей части (головки) и державки (стержня или тела) резца. Державка — это стержень прямоугольного, квадратного или круглого сечения, служащий для закрепления резца в резцедержателе станка. Головка является рабочей частью резца. Она имеет

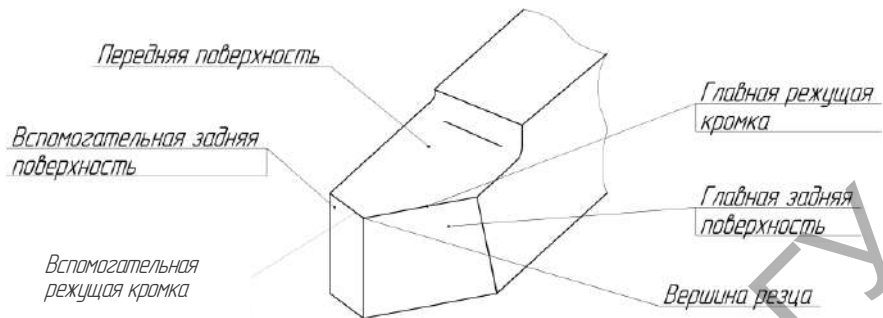


Рисунок 3 — Эскиз головки токарного резца

форму клина. С ее помощью со срезаемого с заготовки слоя (припуска) отделяют слой определенной толщины, превращая его при этом в стружку.

На головке резца затачивают поверхности (см. рис. 3): переднюю, по которой сходит стружка; главную заднюю поверхность, обращенную к поверхности резания на заготовке; вспомогательную заднюю, обращенную к обработанной поверхности заготовки. Передняя и задняя поверхности чаще всего делаются плоскими.

Пересечения поверхностей головки резца образуют режущие кромки, пересечение передней и главной задней поверхностей образует главную режущую кромку, пересечение передней и вспомогательной задней поверхности — вспомогательную режущую кромку.

Главная режущая кромка 1 (рис. 4) выполняет основную работу резания, вспомогательная 2 подрезает с другой стороны срезаемый слой, причем контакт ее со срезанным металлом значительно меньше и зависит от подачи  $S$  [1; 2].

В результате такого взаимодействия на поверхности заготовки остаются риски (типа резбовых) с шагом, равным величине подачи  $S$ .

Место сопряжения главной и вспомогательной режущих кромок называется вершиной резца. Сопряжение бывает плавное по дуге окружности радиуса  $r$  ( $r$  равно 0,5...2 мм) (рис. 5, а) или резкое, образуемое пересечением главной и вспомогательной режущих кромок (рис. 5, б).

Для создания благоприятных условий резания поверхности режущей части инструмента затачивают под определенными углами.

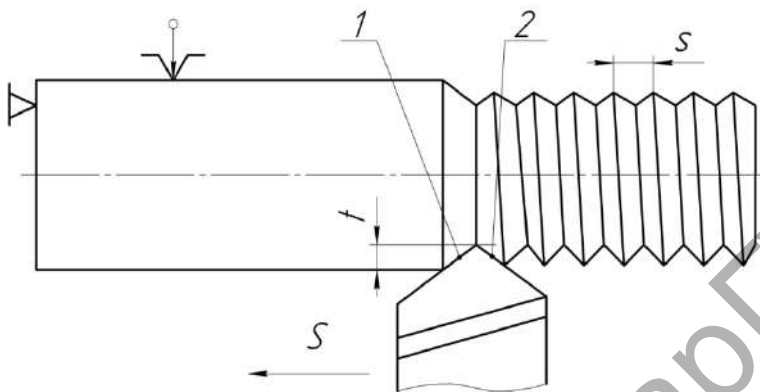


Рисунок 4 – Схема контакта режущих кромок резца с заготовкой

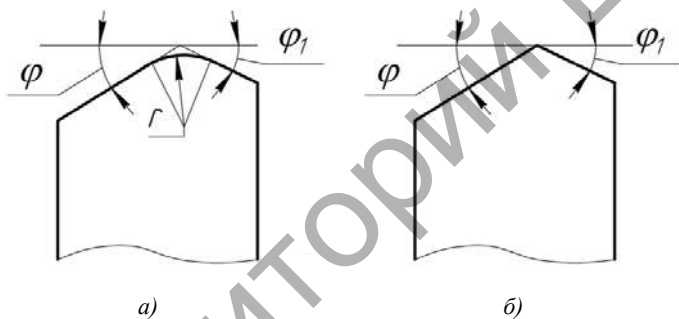


Рисунок 5 — Форма вершины токарного резца

Для определения и измерения углов резца установлены исходные плоскости (рис. 6): основная и плоскость резания.

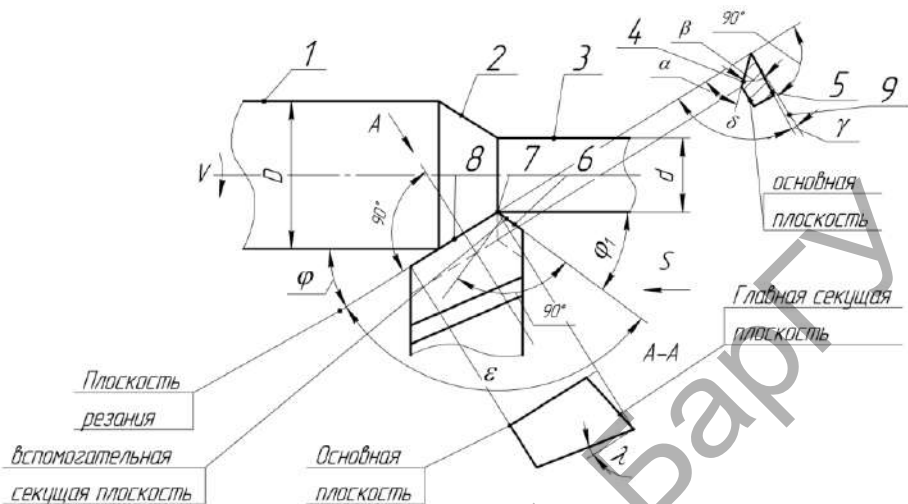
Основная плоскость – плоскость, параллельная направлениям продольной и поперечной подачи (нижняя опорная поверхность резца).

Плоскость резания – плоскость, касательная к поверхности резания 2 и проходящая через главную режущую кромку 8.

Углы заточки резцов рассматриваются в главной секущей плоскости, вспомогательной секущей плоскости и в плане.

Главная секущая плоскость – плоскость, перпендикулярная проекции главной режущей кромки на основную плоскость.

В этой плоскости рассмотрим углы.



1 — обрабатываемая поверхность заготовки; 2 — поверхность резания; 3 — обработанная поверхность заготовки; 4 — главная задняя поверхность резца; 5 — передняя поверхность резца; 6 — вспомогательная режущая кромка резца; 7 — вершина резца; 8 — главная режущая кромка; 9 — плоскость, перпендикулярная плоскости резания

Рисунок 6 — Углы токарного резца [1]

Главный задний угол  $\alpha$  служит для уменьшения трения задней поверхности резца с заготовкой ( $\alpha$  равно  $6...12^\circ$ ). Обычно этот угол имеет малое значение при обработке твердых и хрупких материалов и большее при обработке мягких.

Угол заострения  $\beta$  — угол между передней и главной задней поверхностями резца.

Главный передний угол  $\gamma$  — влияет на процесс образования стружки. Может быть положительным, нулевым и отрицательным. С увеличением переднего угла уменьшается угол заострения, что уменьшает прочность резца, но улучшает условия резания и сход стружки. При обработке высокопрочных и твердых материалов передний угол должен быть отрицательным  $\gamma$  равно  $-(10...30^\circ)$ .

Угол резания  $\delta$  (производная от  $\alpha, \beta$ ):  $\delta = \alpha + \beta$ .

Главным углом в плане  $\phi$  называется угол между проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением продольной подачи.

Вспомогательным углом в плане  $\varphi_1$  называется угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и направлением продольной подачи.

Углом при вершине в плане  $\varepsilon$  называется угол между проекцией главной и вспомогательной режущих кромок на основную плоскость:

$$\varphi + \varphi_1 + \varepsilon = 180^\circ.$$

Эти углы оказывают большое воздействие на стойкость режущего инструмента, отжим заготовки в процессе резания, шероховатость обработанной поверхности и т. д.

Углом наклона главной режущей кромки  $\lambda$  называется угол между проекциями главной режущей кромки на плоскость резания и прямой, перпендикулярной главной секущей плоскости, проведенной через вершину резца.

Если вершина резца — наинизшая точка на передней поверхности (рис. 7, а), то угол  $\lambda$  положительный. Если режущая кромка параллельна основной плоскости (рис. 7, б), угол  $\lambda$  равен нулю. Если вершина резца — наивысшая точка на передней поверхности, то угол  $\lambda$  отрицательный.

Угол наклона главной режущей кромки  $\lambda$  влияет на направление схода стружки.

На рисунке 1 показано поперечное сечение срезаемого слоя (параллелограмм  $ABCE$ ).

Шириной срезаемого слоя  $b$  называется расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями, измеренное вдоль главной режущей кромки.

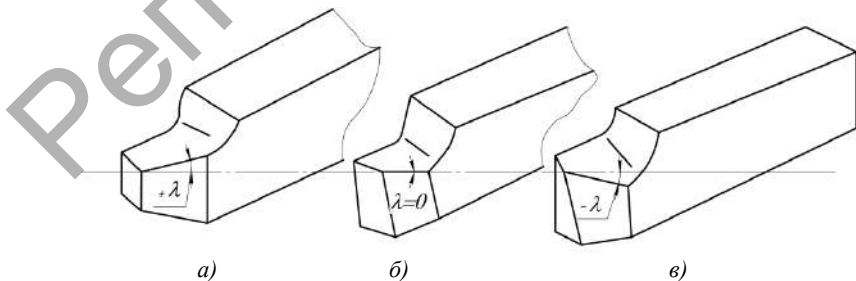


Рисунок 7 — Углы наклона главной режущей кромки [1]

Толщиной срезаемого слоя  $a$  называется расстояние между двумя последовательными положениями резца за один оборот заготовки, измеренное в направлении, перпендикулярном к ширине срезаемого слоя  $b$ :

$$b = \frac{t}{\sin \varphi}, \text{ мм}; a = s \cdot \sin \varphi, \text{ мм}.$$

Площадь поперечного сечения срезаемого слоя:  $F = t \cdot s = b \cdot a, \text{ мм}^2$ .

Форма поперечного сечения срезаемого слоя (рис. 8) зависит от главного угла в плане  $\varphi$  (рис. 8, а, б, в) и формы главной режущей кромки (рис. 8, г).

С увеличением угла  $\varphi$  (при постоянной глубине резания  $t$  и подаче  $S$ ) увеличивается толщина срезаемого слоя  $a$  и уменьшается его ширина  $b$ , а величина площади остается постоянной.

Если главная режущая кромка имеет криволинейную форму (см. рис. 8, г), то поперечное сечение срезаемого слоя имеет форму запятой с переменной толщиной срезаемого слоя  $a$ . При  $\varphi$  равном  $90^\circ$ , (точка А)  $a = s$ , по мере приближения к вершине резца В толщина срезаемого слоя уменьшается ( $a = s > a_2 > a_1$ ).

Площадь поперечного сечения срезаемого слоя  $F$  (рис. 9) ( $F = ts, \text{ мм}^2$ ), т. е. площадь параллелограмма  $ABCE$ , называется номинальной или расчетной.

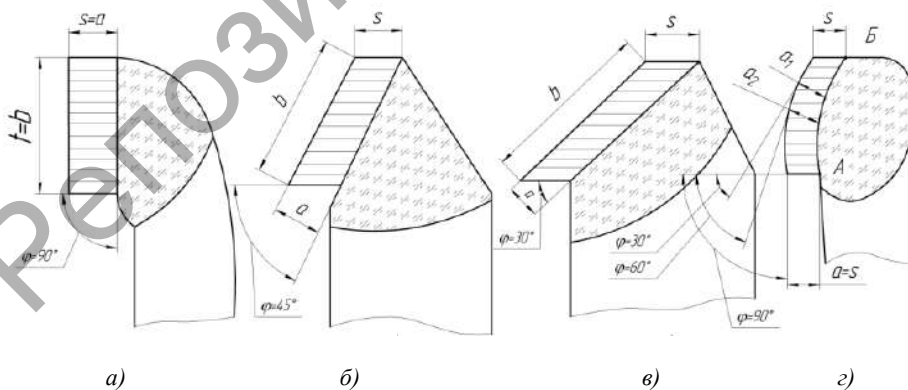


Рисунок 8 — Поперечное сечение срезаемого слоя [2]

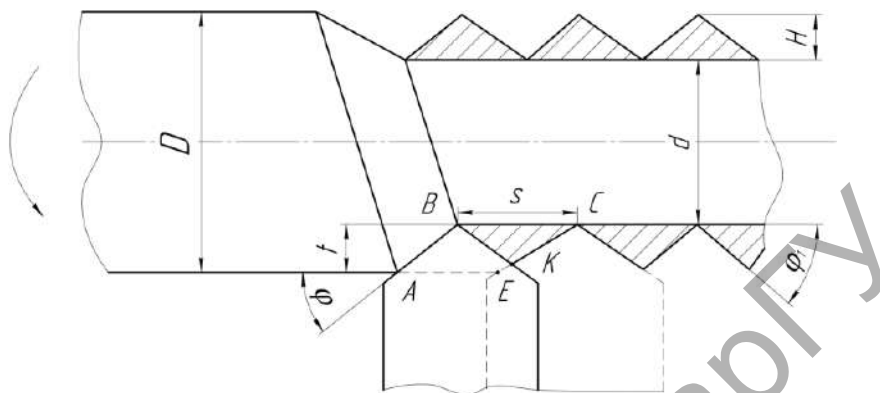


Рисунок 9 — Схема образования срезаемого слоя

Фактическая площадь сечения срезаемого слоя будет несколько меньше (примерно на 5...10%), так как на обработанной поверхности остается слой металла, имеющий форму гребешка высотой  $H$  (площадь треугольника  $BCK$ ).

От высоты остаточных гребешков  $H$  в основном зависит шероховатость обработанной поверхности (в действительности диаметр обработанной поверхности:  $d + 2H$ ).

С уменьшением углов  $\phi$ ,  $\phi_1$  и подачи  $S$  уменьшается шероховатость поверхности.

### 2.3 Углы резца в процессе резания

Углы резца, полученные в результате заточки, претерпевают изменения по величине по двум причинам: неточность установки на станке, влияние величины подачи в процессе обработки.

Рассмотрим изменение углов отрезного резца в зависимости от точности его установки относительно оси заготовки (рис. 10), у которого главная режущая кромка параллельна оси детали, т. е.  $\lambda$  равно  $0^\circ$  и  $\phi$  равно  $90^\circ$ .

Если вершину резца установить в точке  $K$ , которая находится на одной высоте с осью вращения детали (см. рис. 10, а), то углы  $\alpha$  и  $\gamma$  соответствуют углам, полученным при заточке.

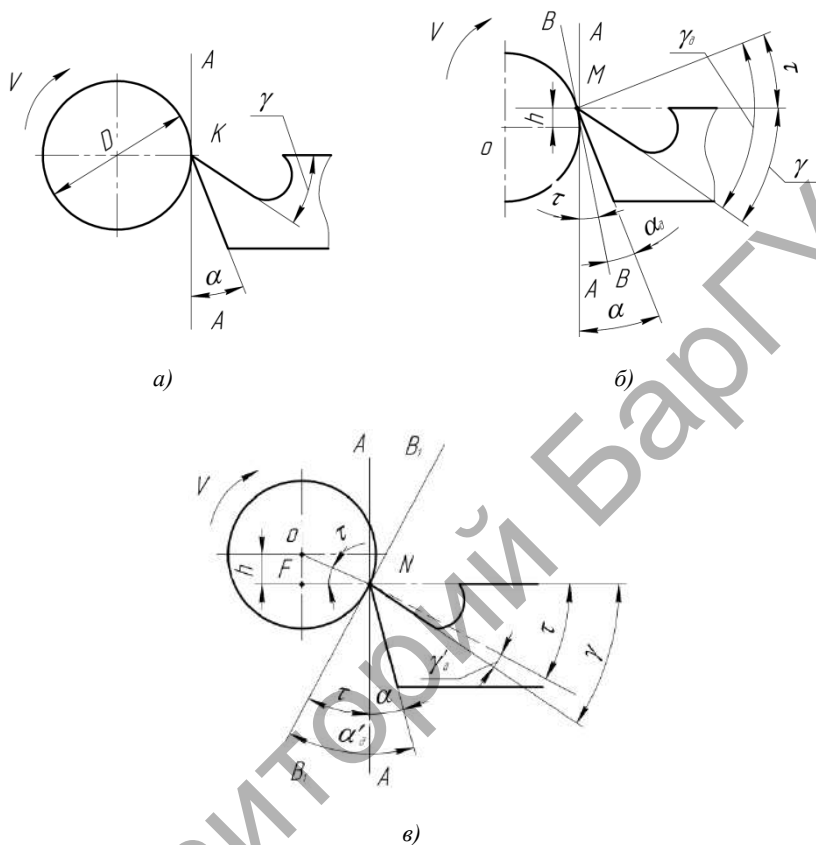


Рисунок 10 — Схема измерения углов реза в зависимости от установки относительно оси заготовки [3]

При изменении положения вершины реза (см. рис. 10, б, в) изменяется положение плоскости резания  $A-A$ , которая, как известно, является касательной к поверхности резания, вследствие чего изменяются углы реза  $\alpha$  и  $\gamma$ :

$$\alpha_d = \alpha - \tau, \gamma_d = \gamma + \tau; \quad \alpha'_d = \alpha + \tau, \gamma'_d = \gamma - \tau,$$

где  $\alpha_d, \alpha'_d, \gamma_d, \gamma'_d$  — действительные углы реза в процессе резания (только с учетом установки реза по высоте).

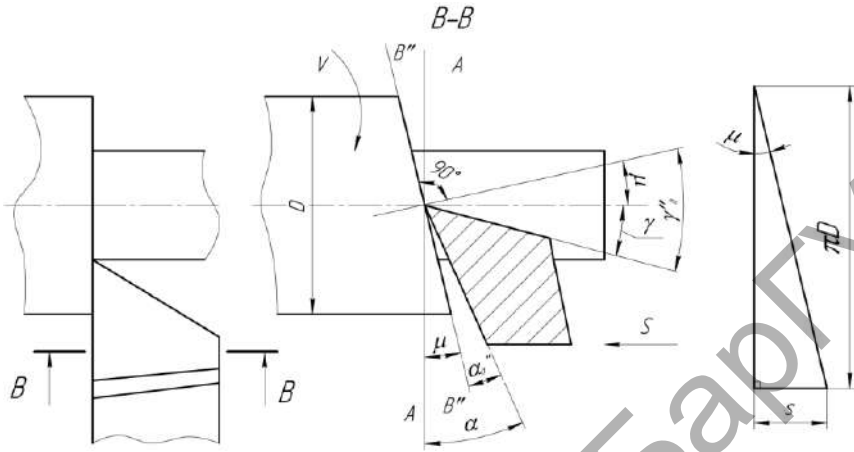


Рисунок 11 — Схема изменения углов реза в зависимости от подачи [1]

Из треугольника  $ONF$  (см. рис. 10, в) можно определить величину угла отклонения плоскости резания от вертикального положения:

$$\sin \varepsilon = \frac{h}{ON}, \quad ON = \frac{D}{2}, \quad \sin \varepsilon = \frac{2h}{D}. \quad (1)$$

Из анализа формулы (1) следует, что с увеличением диаметра заготовки влияние  $h$  на отклонение плоскости резания уменьшается.

Установка вершины реза выше оси на высоту  $h(0,01...0,02)D$  допускается только при предварительной обработке.

При чистовой обработке смещение не допускается, так как помимо ухудшения условий резания имеет место отклонение размеров обработанной поверхности.

Изменение положения реза относительно оси детали в основной плоскости приводит к изменению углов в плане  $\varphi$  и  $\varphi_1$ , что эквивалентно изменению этих углов при заточке.

При продольном точении в процессе резания (рис. 11) в зависимости от подачи передний и задний углы могут значительно изменяться, так как величина подачи вызывает отклонение плоскости резания  $A-A$  на угол  $\mu$ :

$$\alpha''_d = \alpha - \mu, \quad \gamma''_d = \gamma + \mu, \quad \operatorname{tg} \mu = \frac{s}{\pi D},$$

где  $\alpha''_д, \gamma''_д$  — действительные углы резца в процессе резания (только в зависимости от величины подачи).

При определенных условиях может быть случай, когда  $\mu \geq \alpha_1$ , тогда заготовка не режется, а сминается.

## 2.4 Классификация токарных резцов

Основными признаками, по которым производится классификация резцов, являются: направление подачи, форма головки резца, форма сечения державки, способ крепления режущей части резца с державкой, характер обработки.

Рассмотрим классификацию резцов по направлению подачи (левые и правые) (рис. 12, а), по форме головки (*б* — прямые, *в* — отогнутые, *г* — с оттянутой головкой) (рис. 12 *б, в, г*).

У резцов с оттянутой головкой ширина головки меньше ширины державки.

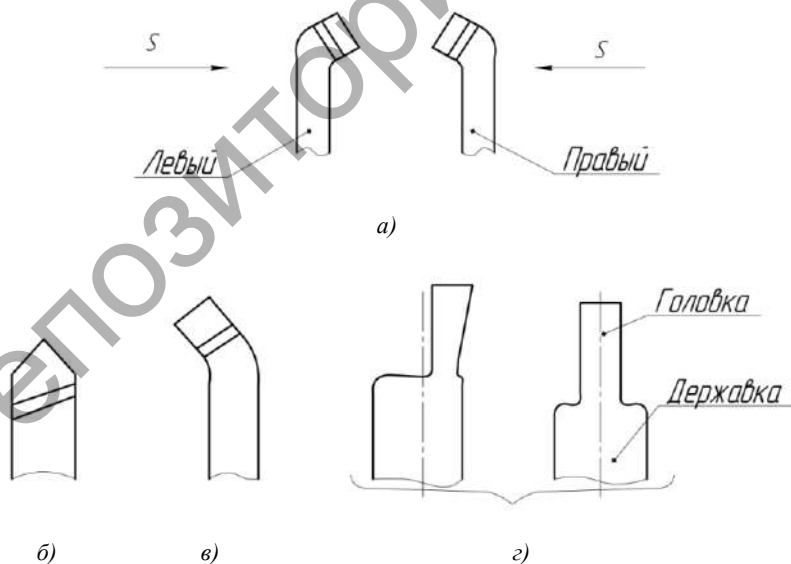


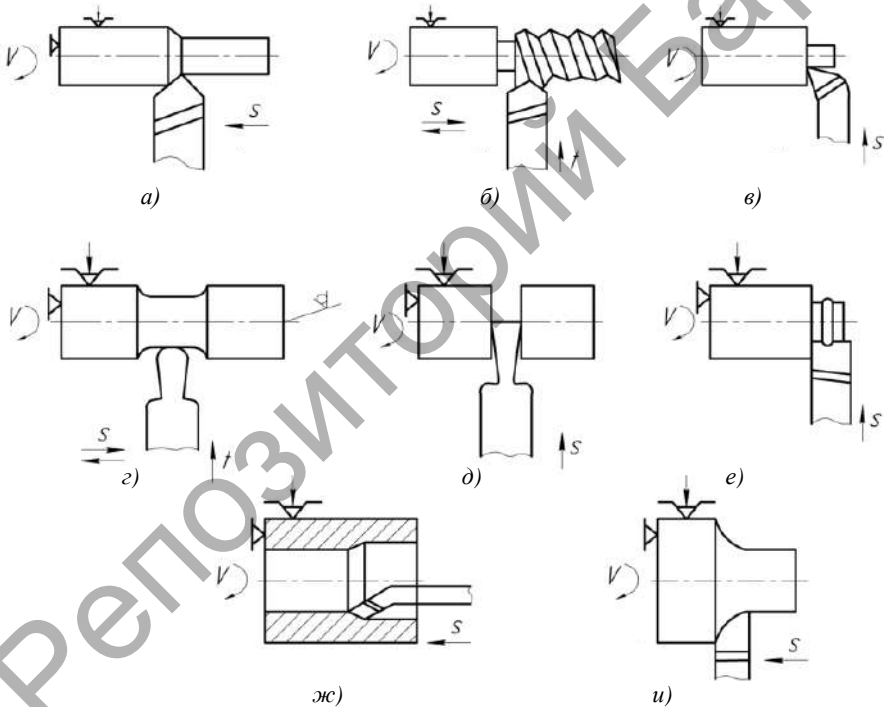
Рисунок 12 — Классификация резцов по направлению подачи и форме головки [3]

По форме сечения державки резцы бывают прямоугольные, квадратные, круглые.

По способу крепления режущей части резца с державкой различают цельные резцы, составные неразъемные (припаянные), составные разъемные (с механическим креплением режущих пластинок).

По характеру обработки различают резцы черновые (обдирочные) и чистовые (для тонкого точения), которые отличаются углами заточки, качеством заточки и (в отдельных случаях) марками инструментальных сталей, жёсткостью, а также некоторыми другими параметрами.

Рассмотрим классификацию резцов по виду выполняемых работ (рис. 13).



*a* — проходные; *б* — резьбовые; *в* — подрезные; *г* — прорезные; *д* — отрезные;  
*е* — фасонные, *ж* — расточные; *и* — галтельные

Рисунок 13 — Классификация резцов по виду выполняемых работ [5]

## 2.5 Шероховатость обработанной поверхности [1]

Срок службы и надежность работы машин и приборов во многом зависят от качества обработки отдельных деталей. Одним из главных критериев оценки качества обработанных деталей является шероховатость обработанной поверхности, на которую влияют скорость резания, подача, глубина, геометрия режущей части инструмента и другие факторы.

Шероховатость обработанной поверхности определяется микронеровностями, которые возникают при резании в результате воздействия режущего инструмента на материал обрабатываемой детали. Высота микронеровностей для случая обработки резцом с радиусом при вершине  $r$ , равным нулю, может быть определена из следующих соотношений (рис. 14):

$$KO = ON \operatorname{ctg} \varphi_1 = h \operatorname{ctg} \varphi_1, \quad OL = ON \operatorname{ctg} \varphi = h \operatorname{ctg} \varphi,$$

$$KO + OL = s = h(\operatorname{ctg} \varphi_1 + \operatorname{ctg} \varphi) = h \frac{\sin(\varphi + \varphi_1)}{\sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi}.$$

$$h = \frac{s \sin \varphi_1 \sin \varphi}{\sin(\varphi_1 + \varphi)} \quad (2)$$

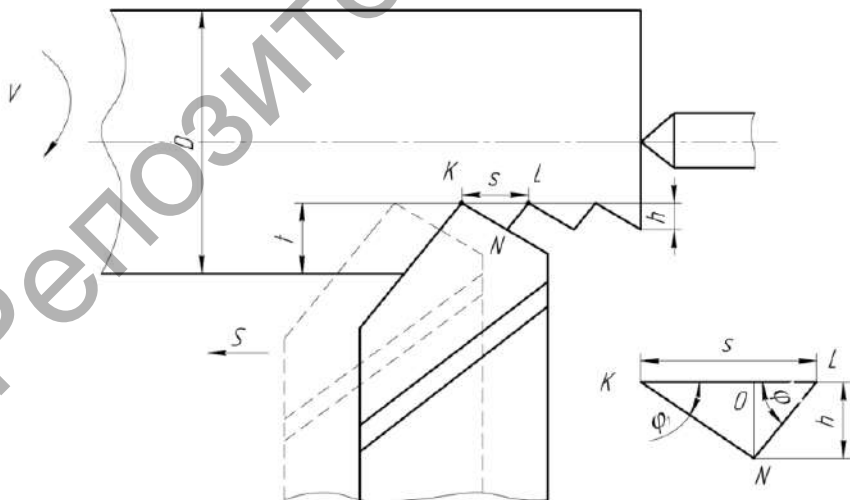


Рисунок 14 — Теоретический профиль обработанной поверхности при  $r = 0$

Когда теоретический профиль образуется как след только криволинейного участка режущей кромки  $BCF$  с радиусом  $r$  (рис. 15), то  $h = CE = OC - OE$ . Из треугольника  $OBE$  следует:

$$OE = \sqrt{OB^2 - BE^2} = \frac{\sqrt{4r^2 - s^2}}{2}.$$

Тогда окончательно

$$h = r - \frac{\sqrt{4r^2 - s^2}}{2}. \quad (3)$$

Из анализа формул (2) и (3) следует, что  $h$  уменьшается с уменьшением подачи  $S$ , главного  $\phi$  и вспомогательного  $\phi_1$  углов в плане, а также с увеличением при вершине резца  $r$ .

Как показывают опыты, высота  $h$  действительного профиля обработанной поверхности значительно больше теоретического. Это является результатом пластического и упругого деформирования поверхностного слоя обрабатываемой детали в процессе резания.

Основные параметры шероховатости следующие:  $Ra$  — среднее арифметическое отклонение профиля,  $Rz$  — высота неровностей профиля по 10 точкам.

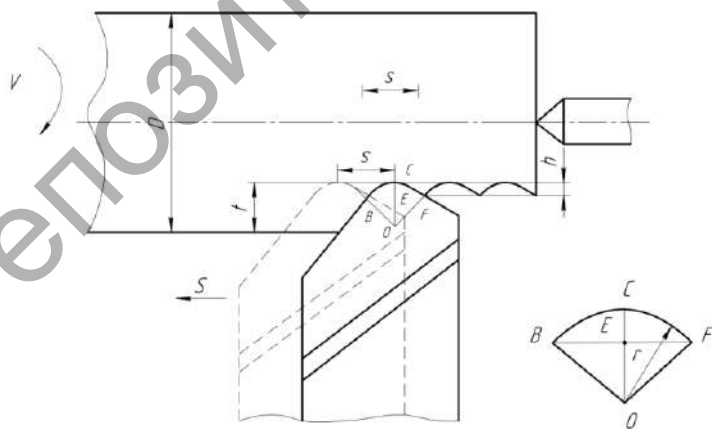


Рисунок 15 — Теоретический профиль обработанной поверхности при  $r > 0$

Среднее арифметическое отклонение профиля  $Ra$  определяется как среднее арифметическое абсолютных значений профиля в пределах базовой длины  $l$  (рис. 16):

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|, \quad Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| \cdot dx \text{ (более точная формула).}$$

Высота неровностей профиля по 10 точкам  $Rz$  определяется как сумма средних абсолютных отклонений точек пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин в пределах базовой длины:

$$Rz = \frac{1}{5} \left( \sum_{i=1}^5 |H_{i \max}| + \sum_{i=1}^5 |H_{i \min}| \right).$$

Приведем параметры шероховатости поверхности (табл. 1).



Рисунок 16 — Профиль шероховатости обработанной поверхности ( $m$  — средняя линия профиля,  $l$  — базовая длина)

Т а б л и ц а 1 — Параметры шероховатости поверхности

Класс шероховатости поверхности	Разряды	Параметры шероховатости, мкм		Базовая длина $l$ , мм
		$Ra$	$Rz$	
1	—	—	от 320...160 вкл.	8,0
2	—	—	160...80	
3	—	—	80...40	
4	—	—	40...20	
5	а	—	20...10	2,5
6	б	от 2,5...2 вкл.	—	
	в	2,0...1,6 1,6...1,25	— —	

Окончание табл. 1

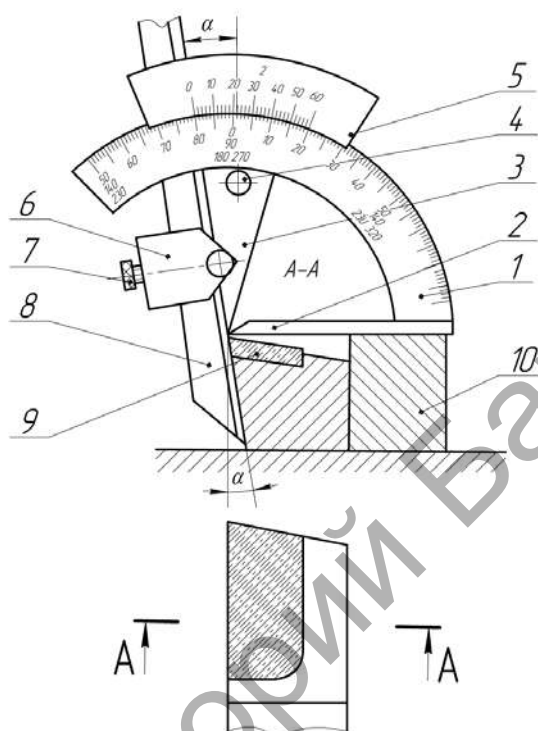
Класс шероховатости поверхности	Разряды	Параметры шероховатости, мкм		Базовая длина $l$ , мм
		$R_a$	$R_z$	
7	а	1,25...1,0	—	0,8
	б	1,0...0,8	—	
	в	0,8...0,63	—	
8	а	0,63...0,5	—	
	б	0,5...0,4	—	
	в	0,4...0,32	—	
9	а	0,32...0,25	—	
	б	0,25...0,2	—	
	в	0,2...0,16	—	
10	а	0,16...0,125	—	0,25
	б	0,125...0,1	—	
	в	0,1...0,08	—	
11	а	0,08...0,063	—	
	б	0,063...0,05	—	
	в	0,05...0,04	—	
12	а	0,04...0,032	—	
	б	0,032...0,025	—	
	в	0,025...0,02	—	
13	а	—	0,1...0,08	0,08
	б	—	0,08...0,063	
	в	—	0,063...0,050	
14	а	—	0,05...0,04	0,025
	б	—	0,04...0,032	
	в	—	0,032...0,025	

### 3 ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ

#### 3.1 Измерение углов токарного резца

Углы резца в настоящей работе измеряются универсальным угломером (рис. 17).

Линейки 2, 8 угломера накладываются на измеряемые поверхности так, чтобы между ними не было просвета. Отсчитываются угловые величины по шкале основания 1 и нониусу 5. Нулевой штрих нониуса показывает число градусов, а штрихи нониуса, совпадающие со штрихом шкалы, — число минут.



1 — основание, 2 — пластина, 3 — сектор, 4 — стопор, 5 — нониус, 6 — державка, 7 — винт зажимной, 8 — линейка съёмная, 9 — резец, 10 — подставка

Рисунок 17 — Замер универсальным угломером заднего угла  $\alpha$  у подрезного твердосплавного резца

Предельная погрешность измерения универсальным угломером при длине измеряемой стороны от 5 до 20 мм равна  $\pm 4'$ , а при длине более 20 мм —  $\pm 2'$ .

На рисунке 17 показан пример замера универсальным угломером заднего угла  $\alpha$  у подрезного твердосплавного резца с применением подставки 10, на рисунке 18 — переднего угла  $\gamma$ .

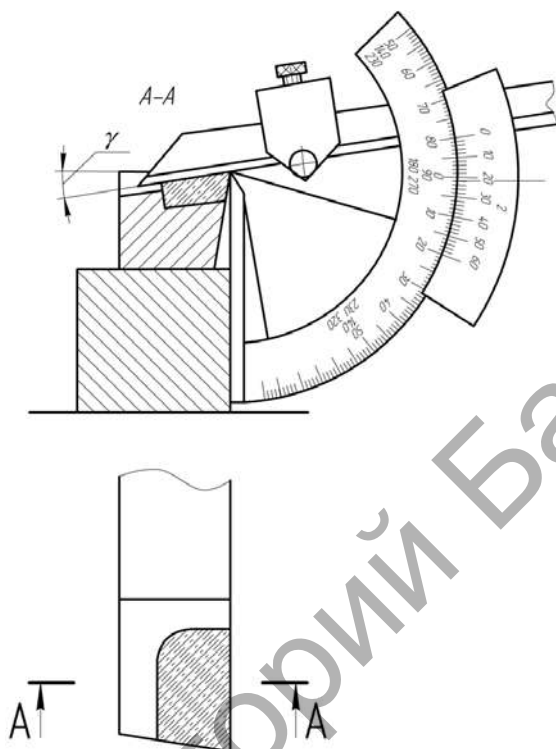


Рисунок 18 — Замер переднего угла  $\gamma$   
у подрезного твердосплавного резца

Приведем примеры замера соответственно главного  $\phi$  и вспомогательного  $\phi_1$  углов резца в плане (рис. 19, 20 соответственно).

На практике для измерения углов режущих инструментов различных видов применяют маятниковый угломер (рис. 21), а также специальный инструмент, как, например, ребристые пирамиды для измерения заднего угла  $\alpha$  (рис. 22) и др.

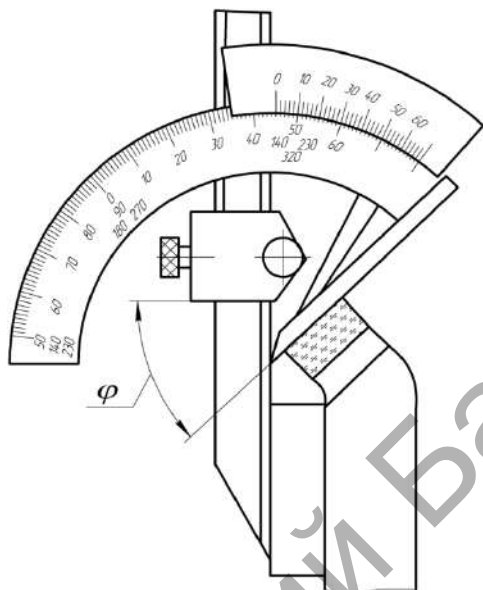


Рисунок 19 — Замер главного угла в плане  $\phi$  с применением линейки

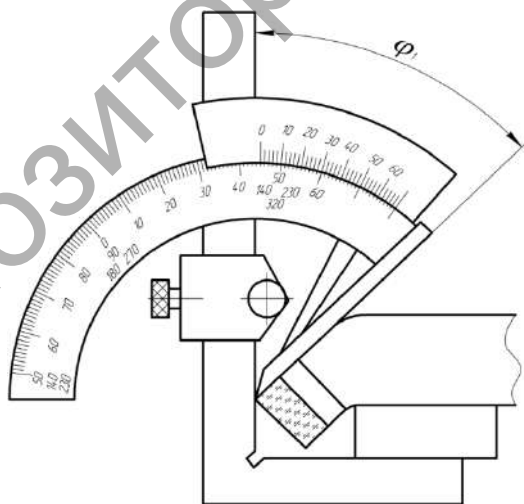


Рисунок 20 — Замер вспомогательного угла в плане  $\phi_1$  с применением угольника

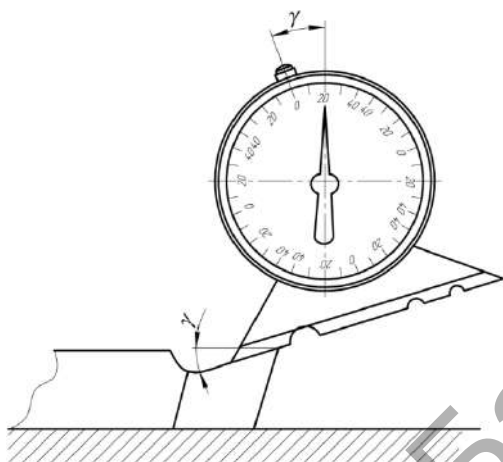


Рисунок 21 — Измерение переднего угла маятниковым угломером

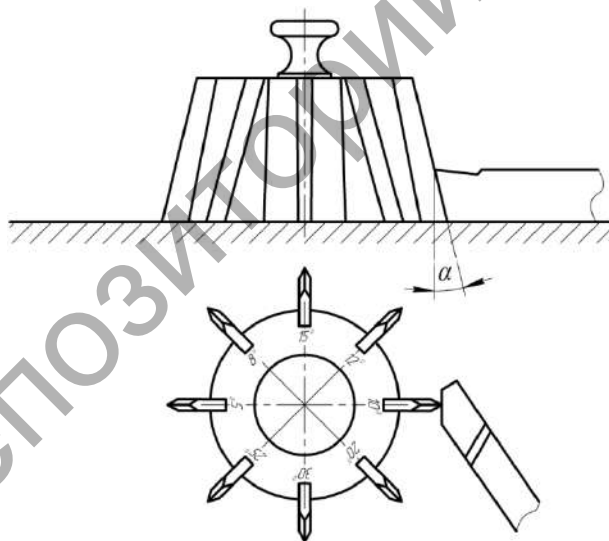


Рисунок 22 — Измерение заднего угла  $\alpha$  ребристой пирамидой

### 3.2 Измерение шероховатости поверхности

Существует два метода определения шероховатости: качественный и количественный.

Качественный метод основан на сравнении обработанной поверхности с образцом — эталоном. На глаз можно сравнить до 7...8-го класса шероховатости.

Количественный метод основан на измерении шероховатости поверхности приборами.

Различают три вида приборов:

1) профилометры — ощупывающая игла приводит в движение стержень, находящийся в катушке индуктивности. В катушке возникает ток, с помощью которого через усилитель передается сигнал к электрическому регистрирующему прибору;

2) профилографы — ощупывающая игла связана с зеркалом, на которое падает тонкий луч. При колебании иглы отраженный луч света через систему зеркал направляется на вращающийся барабан со светочувствительной бумагой, на которой и записывается профилограмма, отображающая микронеровности, увеличенные в несколько раз;

3) двойной микроскоп Линника — луч света направляется на измеряемую поверхность под определенным углом. С противоположной стороны под таким же углом производится наблюдение с увеличением до 318 раз. С помощью окуляра-микрометра производится наблюдение и замер микронеровностей.

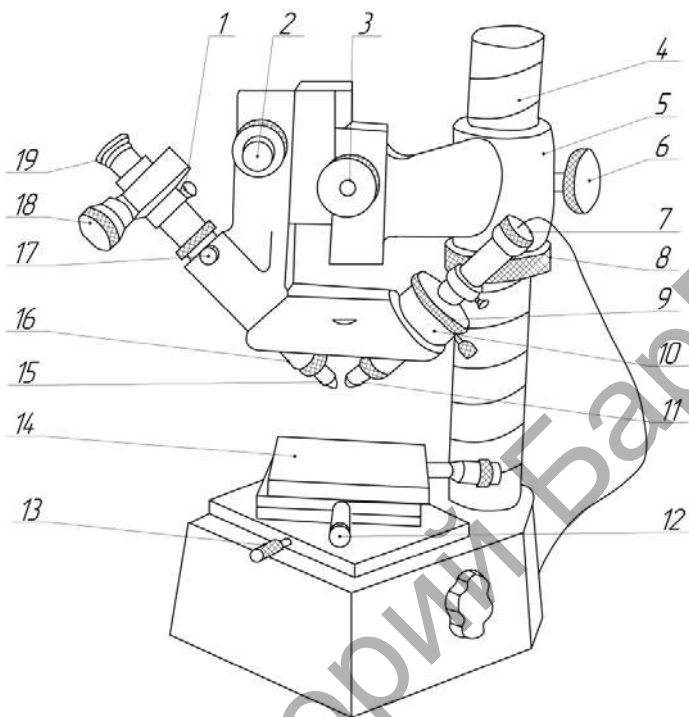
В настоящей работе предусматривается использование двойного микроскопа МИС-11 и профилографа — профилометра модели 201.

Двойной микроскоп МИС-11 (рис. 23) предназначен для измерения высоты неровностей  $R_z$  бесконтактным методом в пределах 3...9-го класса шероховатости поверхности.

Измерение высоты неровностей основано на принципе светового сечения. Свет от лампы 1 при помощи щелевой диафрагмы 2 (рис. 24) осветительного микроскопа направляется объективом 3 на исследуемый участок поверхности под некоторым углом  $\alpha$ .

След пересечения освещаемого участка поверхности с плоскостью светового потока в виде искривленной линии проектируется с помощью объектива визуального микроскопа 4 на сетку окулярного микрометра 5.

Световое сечение профиля наблюдается через окуляр 6 в увеличенном виде с искаженной высотой микронеровностей. Искажение профиля



1 — стопорный винт; 2 и 3 — кремальеры; 4 — колонка; 5 — кронштейн; 6 — стопорный винт; 7 — осветительная лампа; 8 — гайка; 9 — регулировочная гайка; 10 — винт; 11 — осветитель; 12 — микрометрический винт; 13 — стопорный винт; 14 — предметный столик; 15 — объективы; 16 — тубус микроскопа; 17 — стопорный винт; 18 — барабан окулярного микрометра; 19 — окуляр

Рисунок 23 — Двойной микроскоп МИС-11

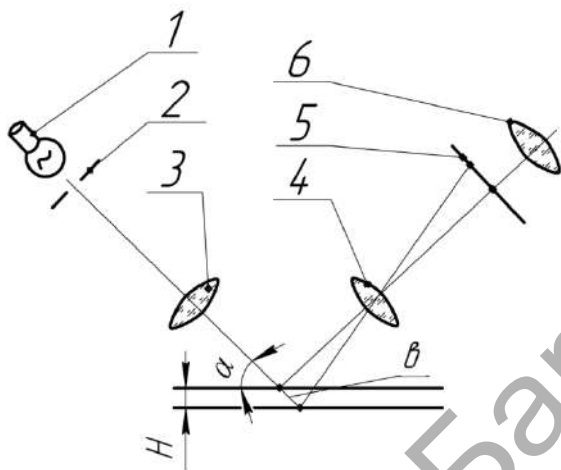


Рисунок 24 — Ход лучей в микроскопе

вызвано тем, что его освещение осуществляется пучком лучей, направленных под некоторым углом  $\alpha$ . Масштаб увеличения зависит от применяемых съемных объективов. Для удобства измерения перекрестие окулярной пластины перемещается микрометрическим винтом с ценой деления барабана 0,01 мм под углом  $\beta$ .

Поэтому фактическое значение высоты неровности поверхности

$$H = \frac{b}{\sin \alpha \cdot \sin \beta} \cdot N$$

Но так как  $\alpha = \beta = 45^\circ$ , то  $H = \frac{b}{2N}$ , где  $b$  — измеренная (разность отсчета по барабану окулярного микрометра) величина неровности;  $N$  — увеличение объектива микроскопа.

Для определения параметра  $Rz$  шероховатости поверхности необходимо произвести измерения пяти высот неровностей в пределах базовой

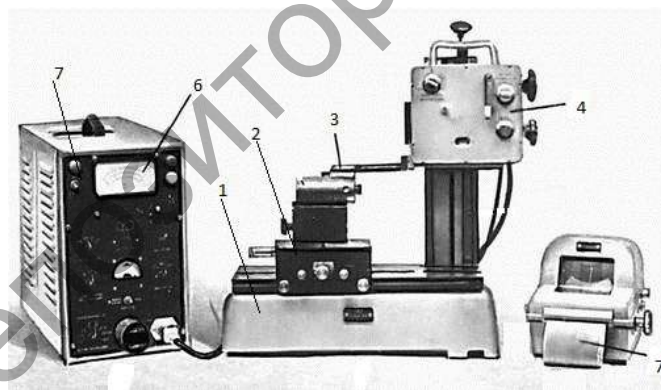
длины и оценить их величину по формуле  $Rz = \frac{b_{cp}}{2N}$ , где  $b_{cp}$  — значение средней величины высот пяти неровностей в пределах базовой длины  $l$ .

К прибору прилагается набор сменных объективов с разным фокусным расстоянием и увеличением (табл. 2).

Т а б л и ц а 2 — Параметры микрообъектива

Обозначение микрообъектива	Апертура микрообъектива	Увеличение микрообъектива с дополнительной линзой	Общее увеличение МН	Линейное поле зрения, мм	Пределы измерения профиля, мкм	
					от	до
ОС-39	0,13	5,8	87	2,00	6,3	60
ОС-40	0,30	10,5	157	1,08	3,2	20
ОС-41	0,37	18,0	270	0,67	1,6	10
ОС-42	0,50	34,5	517	0,33	0,8	3,2

Профилограф-профилометр модели 201 (рис. 25) предназначен для измерения параметра шероховатости контактным методом в пределах 6...12-го класса шероховатости поверхностей.



1 — стойка с кареткой; 2 — универсальный столик; 3 — датчики; 4 — мотопривод; 5 — электронный блок с показывающим прибором; 6, 7 — записывающий прибор

Рисунок 25 — Профилометр-профилограф модели 201

Действие прибора основано на принципе ощупывания исследуемой поверхности алмазной иглой с малым радиусом закругления и преобразования поперечных колебаний иглы в изменения напряжения индуктивным методом.

Определение шероховатости поверхности производится посредством:

а) записи в увеличенном масштабе в прямоугольных координатах профиля микронеровностей поверхности в пределах 5...14-го класса шероховатости по ГОСТ 2789-73;

б) показывающего стрелочного прибора по параметру  $Ra$  (среднее арифметическое отклонение микронеровностей от средней линии профиля) в пределах 5...12-го класса шероховатости включительно.

Прибор дает возможность производить измерения с различными величинами базовой длины (см. табл. 1).

#### **4 ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

1. Изучить основные конструкции резцов, обратив особое внимание на рабочую часть: конструкцию головки резца, методы крепления пластин, форму передней поверхности, режущей кромки и другие элементы.

Зарисовать эскизы трех резцов по указанию преподавателя.

Произвести измерения трех резцов. Результаты измерений занести в таблицу (рис. 26).

2. Используя справочную литературу [3], определить, для какого вида токарной обработки предназначены резцы (черновой, получистовой, чистовой обработки, тонкое точение). Какие марки материала можно обрабатывать данными резцами. На каких станках можно применять резцы.

3. Исследовать влияние точности установки резцов по высоте на точность обрабатываемой поверхности (см. схему смещения вершины резца на рисунке 10).

Для проведения эксперимента необходимо три проходных резца установить таким образом, чтобы вылет резцов был одинаков (в пределах  $\pm 0,03$ ), а вершины резцов по отношению к оси обрабатываемой заготовки установить со смещением по высоте, указанной в таблице 3.

Таблица \_\_\_ — Пример заполнения таблицы

Номер резца	Наименование резца	Размеры резца В × Н, мм	Углы резцов в градусах								
			главные				наклон главной режущей кромки λ	в плане			вспомогательный задний α <sub>1</sub>
			передний γ	задний α	заострения β	резания δ		главный φ	вспомогательный φ <sub>1</sub>	при вершине ε	
1	Резьбовой для внутренней резьбы	15,9 × 15,5	0°	7°40'	83°	90°	0°	45°	45°	90°	7°
2	Проходной отогнутый влево	16 × 16	9°	8°	73°	81°	0°	45°	45°	90°	6°
3	Отрезной	15,9 × 22,5	12°	8°	70°	78°	0°	90°	1°	89°	2°

Рисунок 26 — Образец таблицы для заполнения

Т а б л и ц а 3 — Исходные данные для экспериментов

Номер резца	Смещение по высоте h, мм	Отклонение смещения по высоте, ± мм	Номер варианта
1	0	±0,05	1, 2, 3
2	+1,5	±0,05	1
	+2,0	±0,05	2
	+2,5	±0,05	3
3	-1,5	±0,05	1
	-2,0	±0,05	2
	-2,5	±0,05	3

Каждым резцом выполнить обработку одной поверхности заготовки шириной 15 мм (рис. 27), микрометром выполнить измерение диаметров обработанных поверхностей и отклонения размеров от размера, полученного 1-м резцом, занести в таблицу (рис. 28).

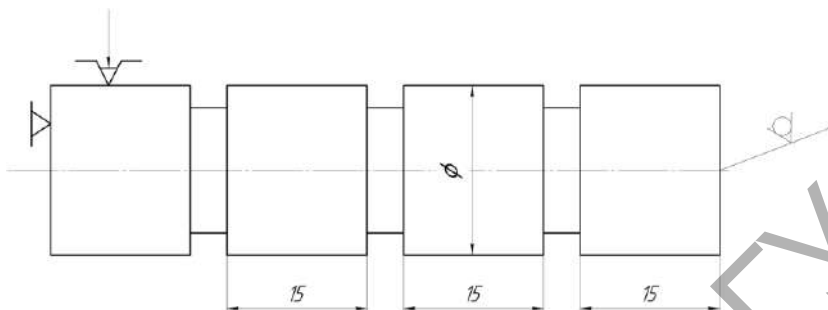


Рисунок 27 — Эскиз заготовки

Таблица \_\_ — Таблица для заполнения

Параметры эксперимента	Номер эксперимента		
	1	2	3
Теоритическое значение отклонения размера, мм	0		
Экспериментальное значение отклонения размера, мм	0		

Рисунок 28 — Образец таблицы для заполнения

Режим обработки:  $n = 1\ 000$  об. / мин,  $s = 0,22$  мм / об.,  $t = 0,5$  мм.

Параметры углов резцов:  $\alpha = 4^\circ$ ,  $\gamma = 3^\circ$ .

Выполнить анализ результатов. Выявить причины расхождения теоретического и экспериментальных значений эксперимента.

4. Установить влияние подачи  $S$  при постоянной геометрии режущей части резца на высоту неровностей  $Rz$  (подачи  $S_1 = 0,075$  мм / об.,  $S_2 = 0,22$  мм / об.,  $S_3 = 0,4$  мм / об.,  $S_4 = 0,6$  мм / об.).

5. Установить влияние вспомогательного угла в плане  $\varphi_1$  на высоту неровностей  $Rz$  ( $\varphi = 5, 10, 20, 30^\circ$ ).

Для получения этих зависимостей на токарном станке производится наружное продольное токарное точение заготовки (см. рис. 27) по заранее подготовленным поверхностям.

Все исходные данные, сообщаемые преподавателем и принятые для проведения опытов, заносятся в таблицы (рис. 28, 29). Для измерения шероховатости обработанной поверхности применяется двойной микроскоп МИС-11.

Результаты измерений также заносятся в таблицы (см. рис. 28, 29).

По данным таблиц (см. рис. 29, 30) строятся графические зависимости (рис. 31).

Таблица \_\_\_ — Таблица для заполнения

Параметры эксперимента	Номер эксперимента			
	1	2	3	4
Величина подачи, мм / об.	0,075	0,22	0,4	0,6
Теоретическое значение $R_z$ , мкм				
Экспериментальное значение $R_z$ , мкм				

Рисунок 29 — Образец таблицы для заполнения

Таблица \_\_\_ — Таблица для заполнения

Параметры эксперимента	Номер эксперимента			
	1	2	3	4
Значение вспомогательного угла в плане $\varphi_1$ , °	5	10	20	30
Теоретическое значение $R_z$ , мкм				
Экспериментальное значение $R_z$ , мкм				

*Примечание.* Параметры эксперимента:  $S = 0,4$  мм / об.,  $\varphi = 45^\circ$ ,  $n = 1\,000$  об. / мин,  $t = 0,5$  мм, обрабатываемый материал сталь 45,  $\varnothing$  мм.

Рисунок 30 — Образец таблицы для заполнения

Для каждого опыта по формуле (2) подсчитывается величина теоретического профиля микронеровностей.

По полученным расчетным значениям величин  $R_z$  также строятся теоретические графические зависимости.

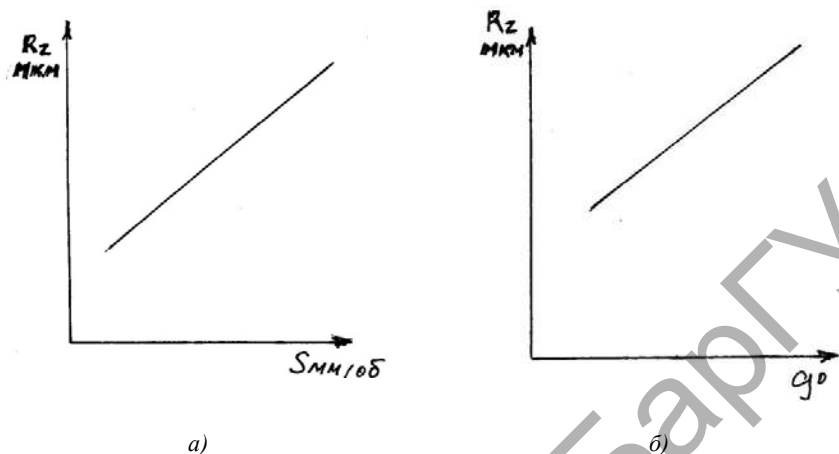


Рисунок 31 — Графические зависимости

Из сопоставления действительных графиков с теоретическими устанавливается влияние пластических и упругих деформаций при резании на шероховатость обработанной поверхности.

## 5 ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет составляется в пределах 5—7 листов формата А4 в соответствии с ГОСТ 4.6.2.105-68; ГОСТ 2.104-68. На первых листах отчета описывается цель и краткое содержание работы, краткое изложение теории. Далее привести таблицу с результатами измерений трех резцов и зарисовать эскизы трех резцов.

Описать, для какого вида токарной обработки могут быть использованы эти резцы, какие марки материала можно ими обрабатывать, на каких станках их можно применять.

Заполнить таблицу (см. рис. 28) с результатами эксперимента выполнить анализ результатов.

Заполнить таблицу (см. рис. 29) с результатами экспериментов. Построить графические зависимости влияния подачи при постоянной геометрии рабочей части резцов на шероховатость обработанной поверхно-

сти и влияния геометрии рабочей части резцов на шероховатость обработанной поверхности, выполнить анализ влияния пластических и упругих деформаций при резании на шероховатость обработанной поверхности.

## 6 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие бывают поверхности резания? При каких движениях возможен процесс резания?
2. Из каких частей состоит резец? Из каких элементов состоит головка резца?
3. Какие бывают углы заточки резца, каково их назначение?
4. В каких плоскостях рассматриваются углы заточки резца?
5. Что такое поперечное сечение срезаемого слоя, какие параметры влияют на его форму?
6. Как изменяются углы резца в зависимости от установки относительно оси заготовки, как это влияет на качество обработки?
7. Как изменяются углы резца в процессе обработки в зависимости от подачи?
8. По каким признакам производится классификация резцов?
9. Как подразделяются резцы по виду выполняемых работ?
10. Как образуется теоретический профиль шероховатости поверхности?
11. Какими параметрами определяется шероховатость поверхности?
12. Каким способом можно измерить углы токарного резца?
13. Какими методами определяется шероховатость поверхности?
14. На чем основан принцип работы двойного микроскопа МИС-11?

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Аршинов, В. А.* Резание металлов и режущий инструмент / В. А. Аршинов, Г. А. Алексеев. — Изд. 3-е, перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 1975.
2. *Грановский, Г. И.* Резание металлов : учеб. для машиностроит. и приборостроит. вузов / Г. И. Грановский, В. Г. Грановский. — М. : Высш. шк., 1985. — 304 с.
3. *Малов, А. Н.* Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / А. Н. Малов ; под ред. А. Н. Малова. — М. : Машиностроение, 1972. — Т. 2.
4. *Нефедов, Н. А.* Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту / Н. А. Нефедов, К. А. Осипов. — М. : Машиностроение, 1995.
5. *Фельдштейн, Е. А.* Металлорежущий инструмент : справ. конструктора / Е. Э. Фельдштейн, М. А. Корниевич. — Минск : Новое знание, 2009. — 1089 с.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. Т. Косиловой; Р. К. Мещерякова. — 43-е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 1986. — Т. 1. — 656 с.
2. *Ящерицын, П. И.* Основы резания материалов и режущий инструмент : учеб. для машиностроит. вузов / П. И. Ящерицын, М. Л. Еременко, Н. И. Жигалко. — 2-е изд., доп. и перераб. — Минск : Выш. шк., 1981. — 500 с.