

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уфимский государственный авиационный технический университет»**

Кафедра технологий производства летательных аппаратов

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

по дисциплине

«Технологические процессы автоматизированных производств»



Уфа 2021

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уфимский государственный авиационный технический университет»

Кафедра технологий производства летательных аппаратов

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

по дисциплине

«Технологические процессы автоматизированных производств»

Учебное электронное издание сетевого доступа

© УГАТУ

Уфа 2021

Автор-составитель Н. И. Новиков

Лабораторный практикум по дисциплине «Технологические процессы автоматизированных производств» [Электронный ресурс] / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т ; [авт.-сост. : Н. И. Новиков]. – Уфа : УГАТУ, 2021. – URL: https://www.ugatu.su/media/uploads/MainSite/Ob%20universitete/Izdateli/El_izd/2021-79pdf.

Рассмотрены вопросы определения параметров токарных резцов, определения погрешности формы при точении нежестких заготовок, определения жесткости токарного станка экспериментальным способом, определения точности обработки при наладке станка по жесткому и индикаторному упорам.

Предназначен для студентов, изучающих дисциплину «Технологические процессы автоматизированных производств». Может быть полезен студентам других машиностроительных специальностей.

Рецензенты: д-р техн. наук Е. А. Муравьева;
канд. техн. наук, доцент Л. Ю. Полякова

При подготовке электронного издания использовались следующие программные средства:

- Adobe Acrobat – текстовый редактор;
- Microsoft Word – текстовый редактор.

Авторы-составители: *Новиков Николай Иванович*

Редактирование и верстка: *О. А. Соколова*

Программирование и компьютерный дизайн: *А. П. Меркулова*

Подписано к использованию: 12.06 .2021

Объем: 1,61 МБ

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»

450008, Уфа, ул. К. Маркса, 12.

Тел.: +7-908-35-05-007

e-mail: rik@ugatu.su

Все права на размножение, распространение в любой форме остаются за разработчиком.
Нелегальное копирование, использование данного продукта запрещено.

Введение

Современный уровень технического прогресса, непрерывное создание новых высокопроизводительных автоматизированных и высокоточных машин, основанных на использовании новейших достижений науки, требуют подготовки высокообразованных инженеров, обладающих глубокими теоретическими знаниями и хорошо владеющих новой техникой и технологией производства.

Учитывая, что основная часть общенаучных и общинженерных дисциплин изучается на первых и вторых курсах, а специальные дисциплины на последующих, возникает необходимость излагать некоторые разделы общетеоретических дисциплин с позиций их практического использования для решения инженерных, технологических и задач автоматизации технологических процессов и производств.

В лабораторном практикуме рассматриваются отдельные вопросы дисциплины «Технологические процессы автоматизированных производств»

Рассмотрены вопросы определения параметров токарных резцов, определения погрешности формы при точении нежестких заготовок, определения жесткости токарного станка экспериментальным способом, определения точности обработки при наладке станка по жесткому и индикаторному упорам.

Каждая лабораторная работа практикума включает в себя: цель работы, краткие теоретические сведения, задания, методические указания по выполнению задания, порядок выполнения задания, приводятся контрольные вопросы по каждой работе.

Лабораторная работа № 1

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ

1. Цель и задачи лабораторной работы

Практическое изучение конструкции и геометрических параметров токарных резцов, освоение методов контроля геометрических параметров токарных резцов.

2. Теоретическая часть

При обработке металлов резанием изделие получается в результате срезания с заготовки слоя припуска, который удаляется в виде стружки. Готовая деталь ограничивается вновь образованными обработанными поверхностями. На обрабатываемой заготовке в процессе резания различают обрабатываемую и обработанную поверхности. Кроме того, непосредственно в процессе резания режущей кромкой инструмента образуется и временно существует поверхность резания.

Для осуществления процесса резания необходимо и достаточно иметь одно взаимное перемещение детали и инструмента. Однако для обработки поверхности одного взаимного перемещения, как правило, недостаточно. В этом случае бывает необходимо иметь два или более, взаимосвязанных движений обрабатываемой детали и инструмента. Интенсивность процесса резания определяется режимами резания, свойствами режущего инструмента.

К конструкции резцов предъявляются следующие требования:

1. Инструмент должен соответствовать своему технологическому назначению (черновая, чистовая обработка, растачивание резьбы и т. п.).

2. Конструкция резца должна обеспечить наибольшую производительность, для чего:

а) резцы должны обладать высокой износостойкостью, что определяется правильным выбором марки режущей части инструмента;

б) резцы должны иметь достаточную прочность и жесткость для предотвращения вибраций и обеспечения точности обработки;

в) резцы должны иметь оптимальную геометрию, обеспечивающую наименьшие силы резания, и допускать наибольшие скорости резания при заданном периоде стойкости.

3. Резец должен допускать возможно большее количество переточек.

4. В серийном производстве желательно, чтобы резец был пригоден для возможно более разнообразных работ (универсальность резца).

Резцы классифицируют по виду выполняемой операции, по направлению подачи, по форме и расположению головки.

В зависимости от выполняемой операции на токарных станках резцы разделяются на проходные, проходные упорные, подрезные, отрезные, расточные проходные, расточные упорные, резьбонарезные.

По направлению подачи резцы разделяются на правые и левые. Метод определения резцов по подаче представлен на рис. 1.

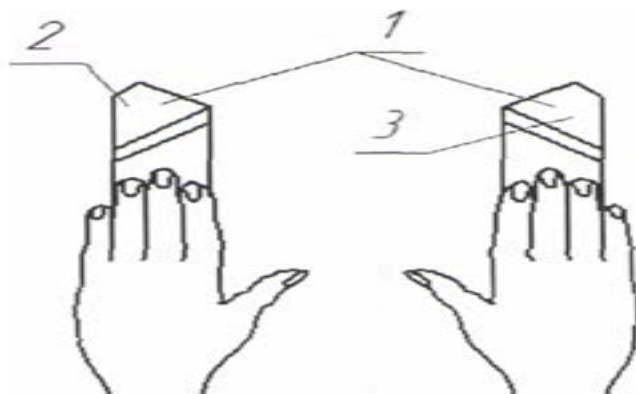


Рис. 1. Метод определения резцов по подаче

Если при наложении правой руки на резец большой палец направлен к главной режущей кромке, то такой резец называется правым, если палец левой руки, то это будет левый резец. На токарных станках правыми резцами работают справа налево (по направлению к передней бабке станка), а левыми – слева направо (по направлению к задней бабке станка).

По форме головки и её расположению резцы разделяются на:

- прямые (рис. 2, а);
- отогнутые (рис. 2, б);
- изогнутые (рис. 2, в).

Кроме того, резцы подразделяются на резцы с оттянутыми (рис. 2, *з*) и с обычными головками (рис. 2, *а*).

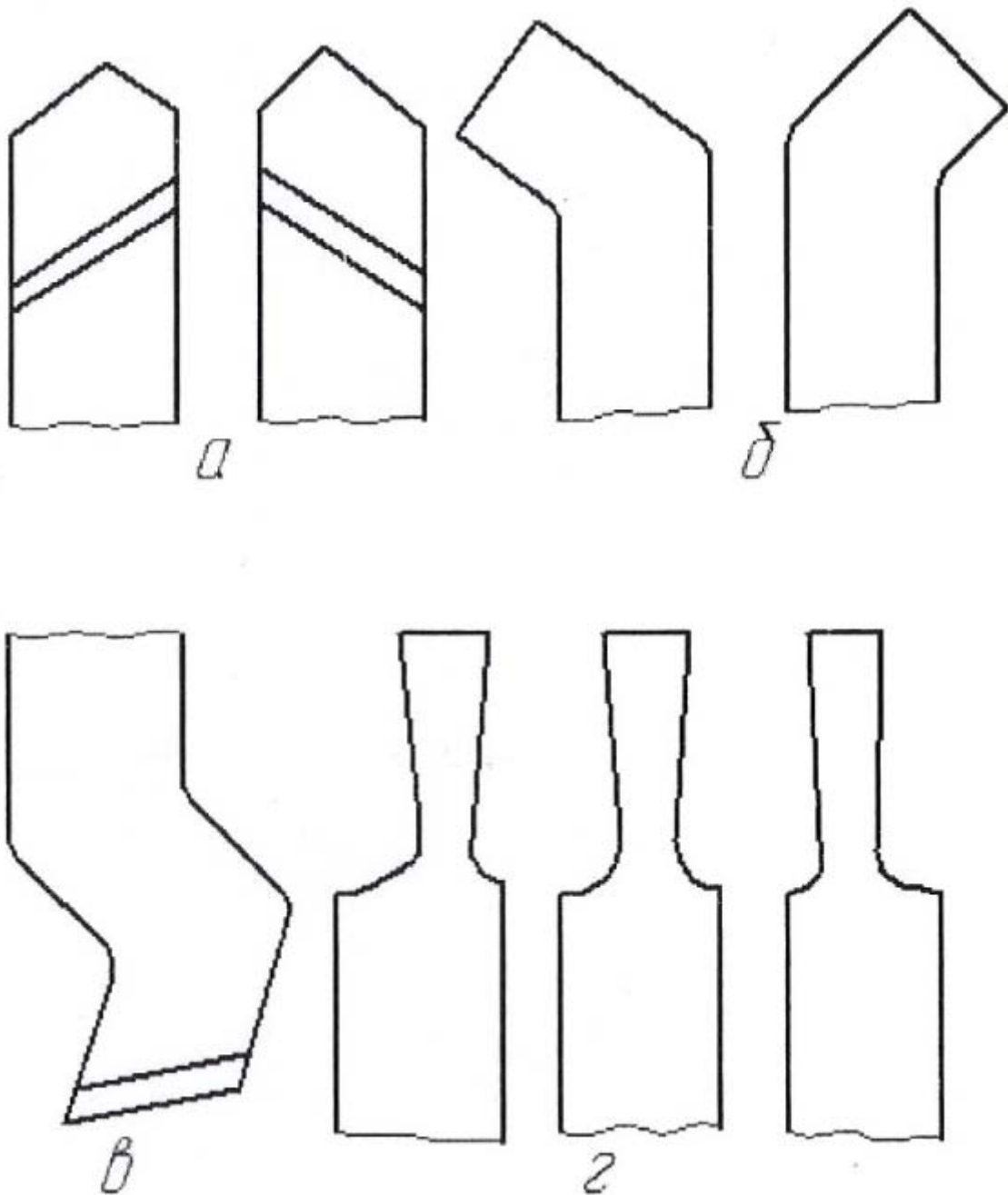


Рис. 2 Классификация резцов по форме головки и ее расположению

По характеру установки резца относительно обрабатываемой детали резцы разделяют на радиальные (рис. 3, *а*), и тангенциальные (рис. 3, *б*).

По применяемости на станках:

- токарные (рис. 3, *а–б*);
- резцы для автоматов и полуавтоматов (рис. 3, *а–б*);

- специальные для специальных станков;
- фасонные (рис. 3, в).

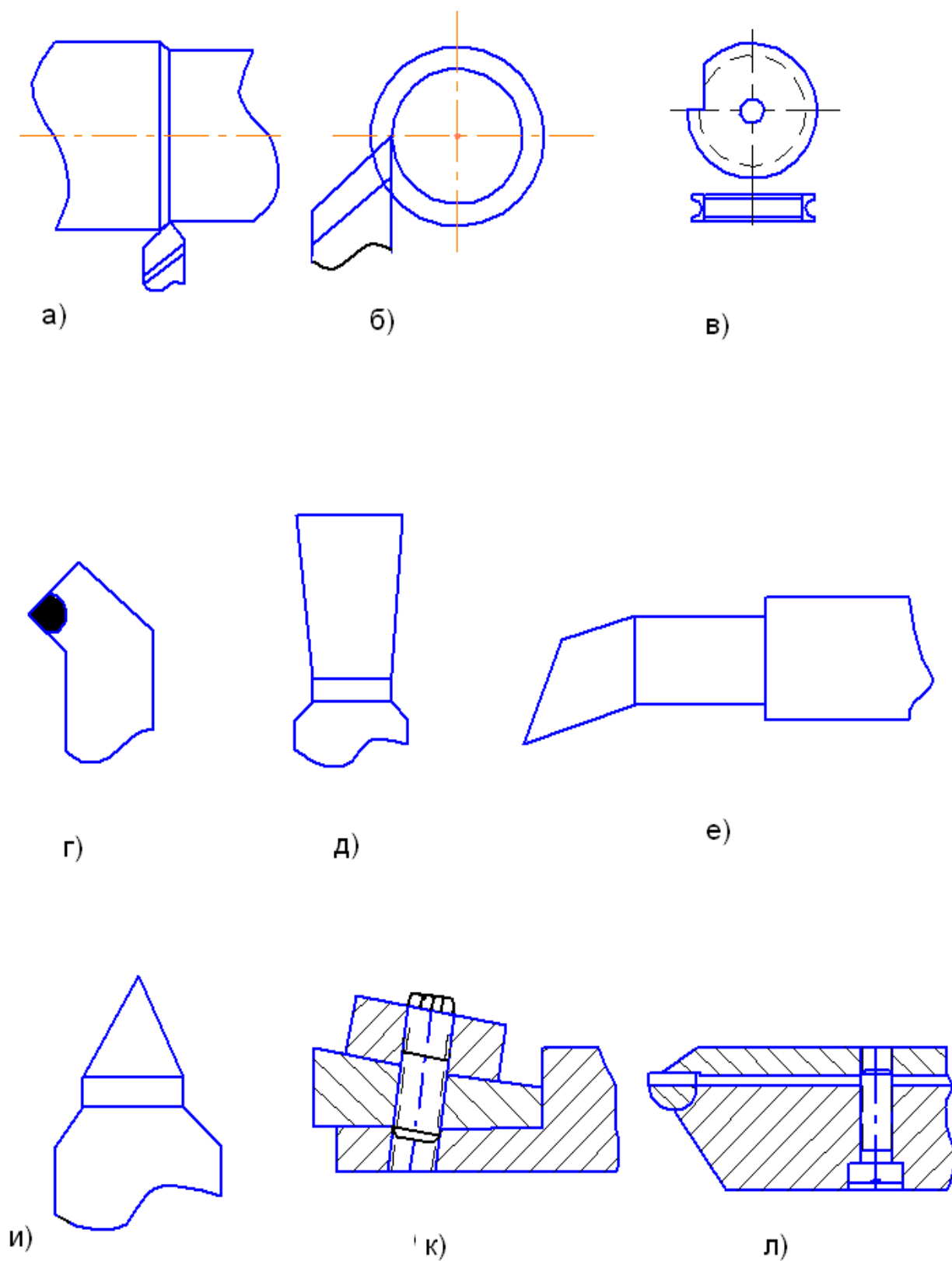


Рис. 3. Типы резцов

По виду обработки:

- проходные (рис. 3, *a*);
- подрезные (рис. 3, *з*);
- отрезные (рис. 3, *д*);
- расточные (рис. 3, *е*);
- резьбонарезные (рис. 3, *и*).

По характеру обработки:

- черновые;
- чистовые;
- для тонкого точения.

Эти резцы могут входить в любой из трех названных выше типов резцов и отличаются между собой либо геометрическими параметрами, либо точностью и классом шероховатости рабочей поверхности, либо инструментальным материалом режущей части.

По направлению подачи:

- правые;
- левые.

По способу изготовления:

- с головкой сделанной за одно целое со стержнем (рис. 3, *а–в*);
- с головкой в виде сменной вставки, снабженной пластинкой режущего материала (рис. 3, *к–л*);
- с приваренной встык головкой и т.д.

По роду инструментального материала:

- из быстрорежущей стали (рис. 3, *а–в*);
- с пластинками твердого сплава (рис. 3, *к*);
- с пластинками из минералокерамики (рис. 3, *з*);
- с алмазными вставками (рис. 3, *л*).

Главные элементы резцов.

Резец состоит из двух основных частей:

- головки *1* (рис. 4);
- тела *5* или стержня (рис. 4).

Головка является рабочей частью резца. Стержень служит для закрепления резца в резцедержателе.

Рабочую часть резца выполняют из инструментальных сталей, металллокерамических твердых сплавов, минералокерамики, кермета или алмаза. Рабочая часть резца (головка) ограничена тремя поверхностями: передней *4*, задней главной *6* и задней вспомогательной *8*.

Передней поверхностью называется поверхность, по которой сходится стружка. На передней поверхности срезаемый слой деформируется и формируется в стружку: удельная сила деформации в среднем составляет около 150 кг/мм^2 .

Режущие кромки получаются в результате пересечения трех указанных выше поверхностей.

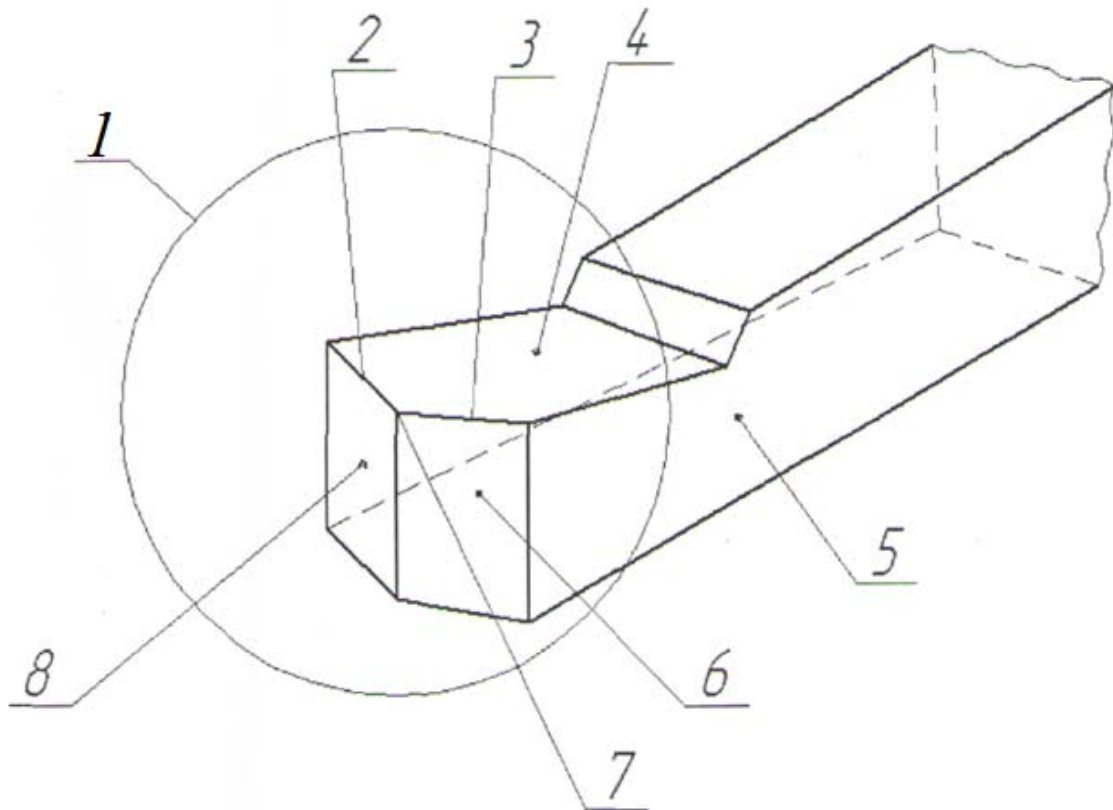


Рис. 4. Элементы резца

Главная режущая кромка 3, выполняющая основную работу резания, образуется от пересечения передней и главной задней поверхностей, а вспомогательная режущая кромка-от пересечения передней и вспомогательной задней поверхности.

Некоторые резцы могут иметь по несколько вспомогательных режущих кромок или дополнительные и переходные режущие кромки.

Вершина резца представляет собой место сопряжения главной режущей кромки с вспомогательной. Вершина резца в плане может быть острой, закругленной или в виде фаски.

На обрабатываемой заготовке, при снятии стружки резцом, различают следующие поверхности (рис. 5):

- обрабатываемую, с которой снимают стружку;
- обработанную, полученную после снятия стружки;
- поверхность резания, образуемую на обрабатываемой заготовке непосредственно режущей кромкой резца.

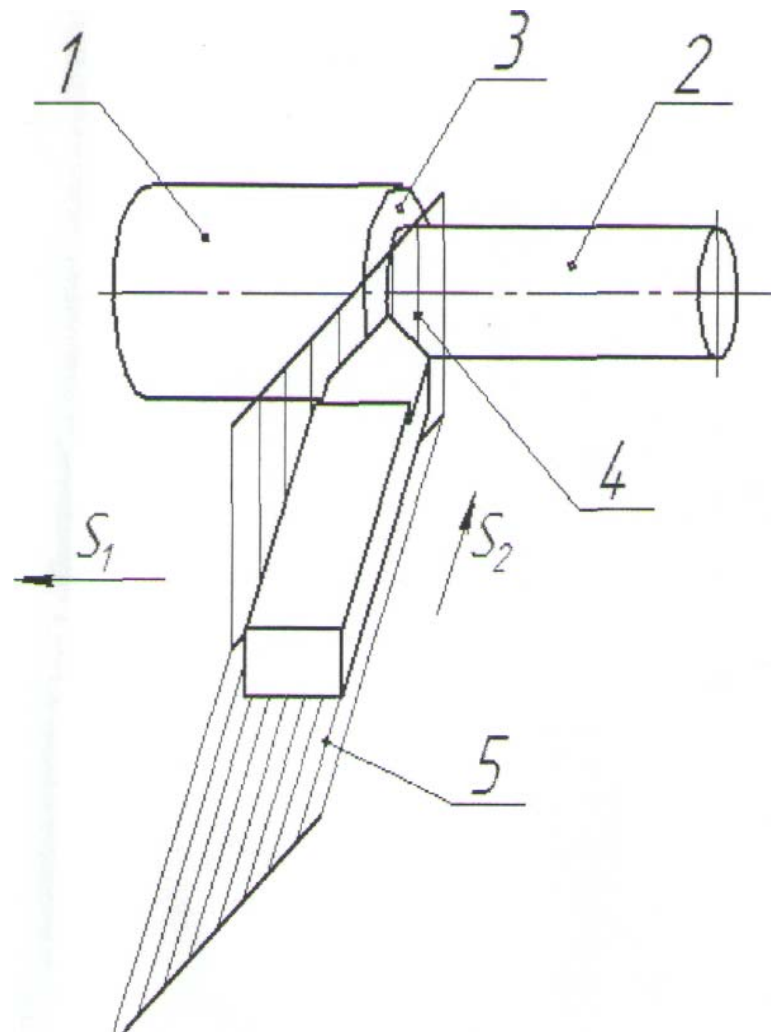


Рис. 5. Поверхности и координатные плоскости для определения углов резца

Исходной базой для измерения (отсчета) углов являются следующие плоскости:

- 1) плоскость резания-плоскость, касательная к поверхности резания и проходящая через главную режущую кромку 4 (рис. 5);

2) основная плоскость-плоскость, параллельная направления продольной и поперечной подач резца;

3) главная секущая плоскость-плоскость, перпендикулярная проекции главной режущей кромки на основную плоскость (рис. 5);

4) вспомогательная секущая плоскость – плоскость, перпендикулярная проекции вспомогательной режущей кромки на основную плоскость (рис. 5).

Форма режущей части резца (головки) определяется конфигурацией и расположением его передней и главной задней и вспомогательной поверхностей и режущих кромок. Взаимное расположение указанных поверхностей и кромок в пространстве определяется с помощью углов, названных углами резца.

Различают углы резца, рассматриваемого как геометрическое тело, и углы, получаемые в процессе резания.

В стандарте углы даются для прямого резца, ось которого установлена перпендикулярно направлению подачи, а вершина расположена на линии центров обрабатываемого изделия. Углы, определяемые в стандарте, соответствуют углам резца, рассматриваемого как геометрическое тело (рис. 6).

Углы резца в плане измеряются в проекции резца на основную плоскость:

φ – главный угол в плане – угол между проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи;

φ_1 – вспомогательный угол в плане – угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи;

ε – угол при вершине резца – угол между проекциями режущих кромок на основную плоскость.

В сечении главной секущей плоскости измеряются все главные углы:

α – главный угол (задний) – угол между главной задней поверхностью резца и плоскостью резания;

γ – передний угол – угол между передней поверхностью резца и плоскостью, перпендикулярной к плоскости резания, проведенной через главную режущую кромку;

β – угол заострения – угол между передней и главной задней поверхностями резца;

δ – угол резания – угол между передней поверхностью резца и

плоскостью резания.

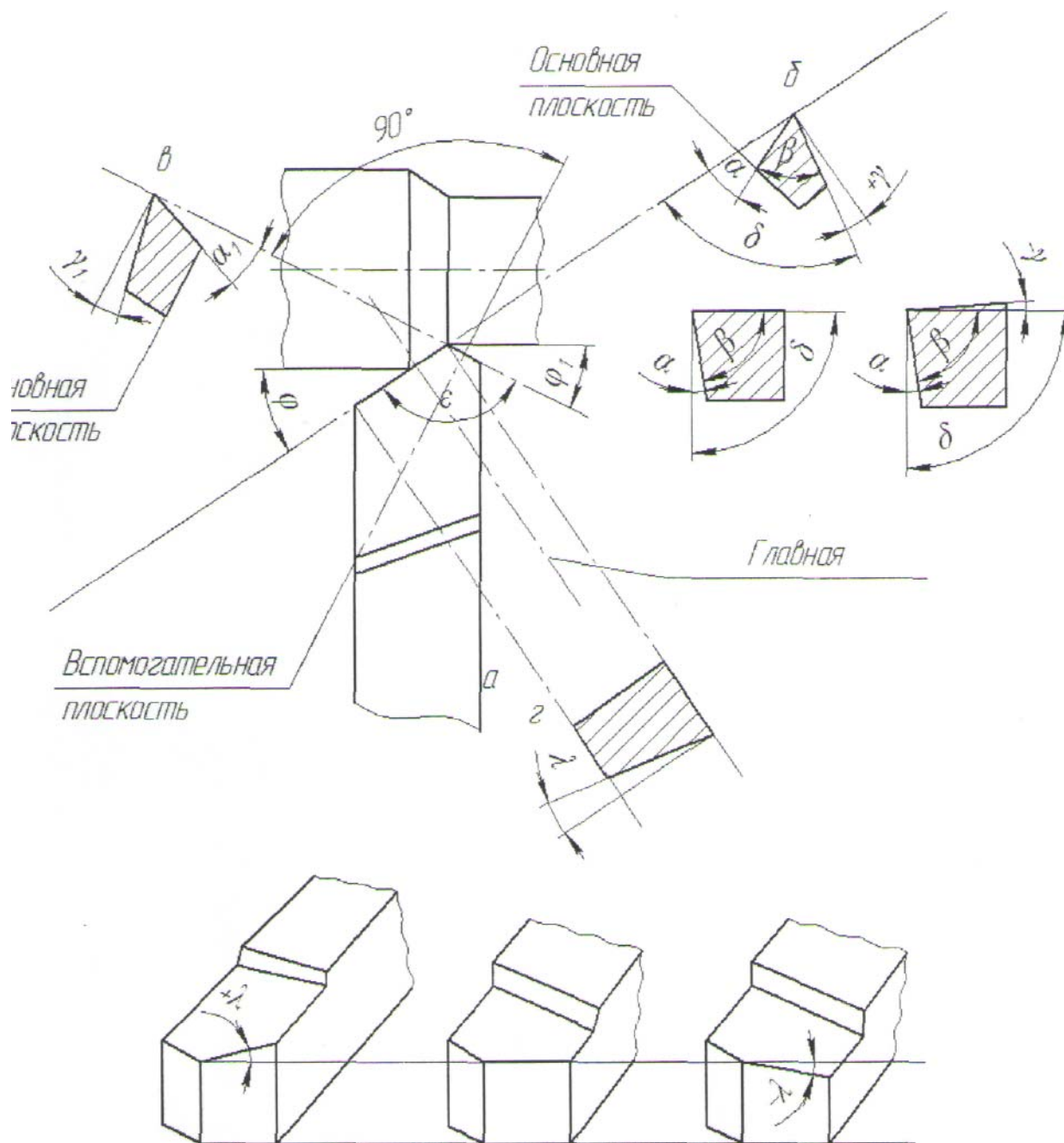


Рис. 6. Плоскости и углы токарного резца

Если провести основную, плоскость через вершину резца, то лезвие может лежать выше или ниже основной плоскости или совпадать с ней.

Между углами в плане существует соотношение:

$$\varphi + \varphi_1 + \varepsilon = 180^\circ \quad (1)$$

Обычно задают главный и вспомогательный углы в плане, тогда

$$\varepsilon = 180^\circ - \varphi - \varphi_1. \quad (2)$$

Между четырьмя углами, измеренными в главной секущей плоскости, имеются два следующих независимых соотношения:

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ \quad (3)$$

$$\alpha + \beta = \delta \quad (4)$$

отсюда

$$\delta + \gamma = 90^\circ. \quad (5)$$

Таким образом, из четырех величин независимыми будут только две. Следовательно, геометрия резца в нормальном к проекции лезвий сечении может быть задана двумя углами. Целесообразно задавать геометрию резца задним углом α и углом резания δ , так как они определяют процесс резания; тогда угол заострения:

$$\beta = \delta - \alpha, \quad (6)$$

передний угол:

$$\gamma = 90^\circ - \alpha - \beta. \quad (7)$$

Геометрию резца часто задают также задним углом и передним углом γ ; тогда:

$$\delta = 90^\circ - \gamma \quad (8)$$

$$\beta = \delta - \alpha = 90^\circ - \gamma - \alpha. \quad (9)$$

3. Описание лабораторного оборудования

Конструкция универсального угломера ЛМТ.

Измерение углов резца осуществляют при помощи универсального угломера – прибора, служащего для измерения отдельных элементов.

Универсальный угломер ЛМТ предназначен для измерения основных углов резца-переднего γ , заднего α , главного и

вспомогательного – в плане φ и φ_1 наклона главной режущей кромки λ .

Угломер (рис. 7) состоит из плиты 1 (основания, служащего основной плоскостью), вертикальной стойки 2, на которой перемещается устройство, состоящее, из блока 3, трех шкал с измерительными линейками 4 (ножками).

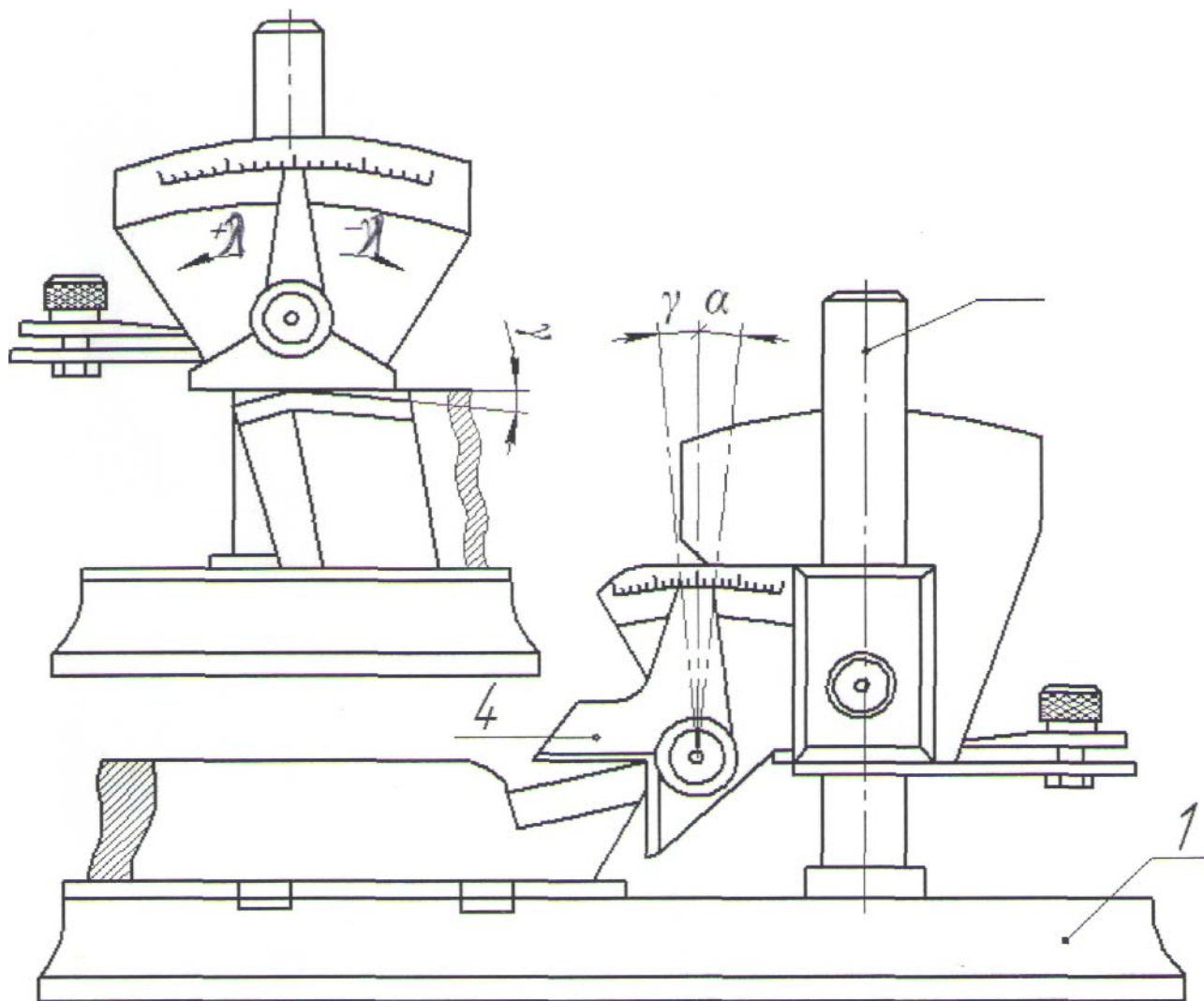


Рис. 7. Измерение переднего и заднего углов реза с помощью угломера ЛМТ

Шкальное устройство направляется на стойке по шпоночному пазу и при необходимости (после ослабления фиксатора б) может поворачиваться вокруг оси и фиксироваться в любом положении по высоте. Измерительные ножи шкальных устройств снабжены винтами, позволяющими фиксировать требуемое положение ножей по отношению к измеряемой поверхности. Основная плоскость угломера

снабжена направляющей линейкой 5, служащей для правильной установки резца при измерении углов.

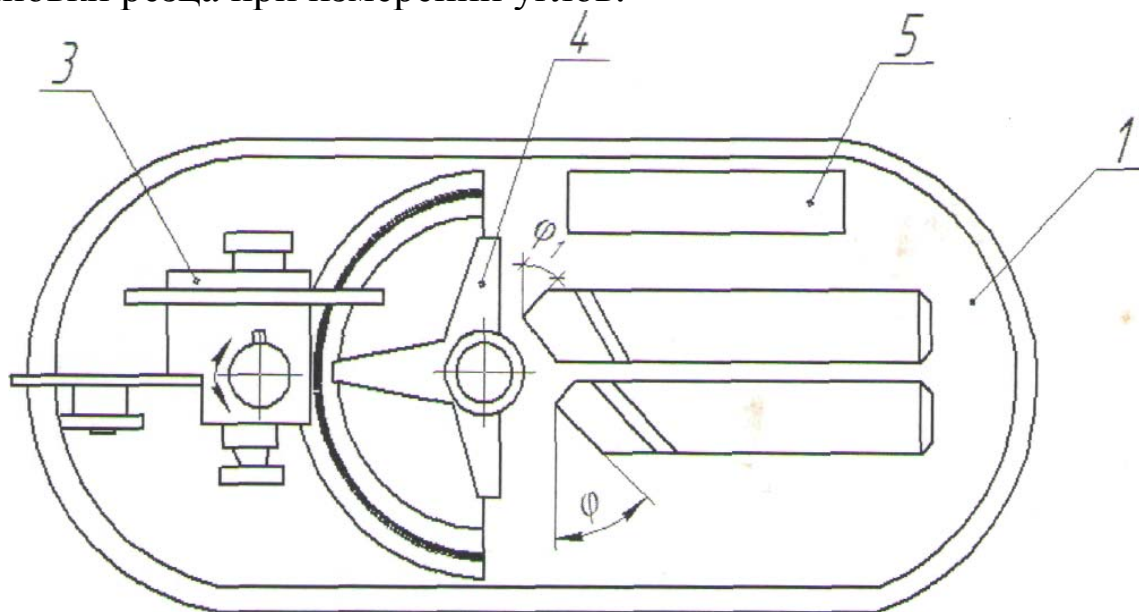


Рис. 8. Измерение углов резца в плане с помощью угломера ЛМТ

Методика измерения углов на универсальном угломере ЛМТ.

Рис. 7–8 иллюстрируют методы измерения углов токарного проходного прямого правого резца прибора типа ЛМТ. Для измерения переднего угла измерительная линейка шкального блока настраивается «на глаз» перпендикулярно главной режущей кромки до соприкосновения с передней поверхностью резца. При этом указатель линейки, отклоняясь влево от нуля, показывает положительное значение угла. При отрицательном значении отсчет производится вправо от нуля.

Измерение заднего угла α производится аналогично переднему. В этом случае измерительная линейка доводится до полного контакта с главной задней поверхностью. Отсчет значения угла α производится вправо от нуля.

Для измерения главного и вспомогательного углов в плане φ и φ_1 резец устанавливается на плите до соприкосновения с направляющей линейкой, а шкальное устройство поворачивается на стойке в требуемое положение до соприкосновения измерительной линейки первом случае с главной, во втором – со вспомогательной режущей кромкой. Отсчет значения угла φ производится влево от нуля, угла φ_1 – вправо от нуля.

Для измерения угла наклона главной режущей кромки λ шкальное устройство поворачивается на стойке в требуемое положение до соприкосновения с вершиной резца. При этом положении главная режущая кромка устанавливается параллельно вертикальной плоскости измерительного ножа.

При повороте измерительной линейки до соприкосновения с главной режущей кромкой указатель фиксирует значение угла наклона λ . Отсчет угла λ вправо от нуля характеризуется его положительным значением, а влево от нуля – отрицательным.

Измерение углов у резцов другого типа (отрезных, расточных, резьбовых и др.) производится аналогично изложенному выше.

4. Меры безопасности

Каждый студент должен получить инструктаж о технике безопасности, производственной санитарии.

Расположить угломер ЛМТ, режущие и измерительные инструменты в определенном порядке на столе.

Обратить внимание, что режущая часть резца представляет собой заостренный клин, что может нанести механическое повреждение.

5. Задание

5.1. Определение типа резцов, материала режущей части для заданного комплекта различных токарных резцов.

5.2. Определение углов токарных резцов с помощью универсального угломера ЛМТ.

6. Методика выполнения задания

6.1. Пройти инструктаж по технике безопасности.

6.2. Получить индивидуальное задание для выполнения лабораторной работы.

6.3. Изучить теоретический материал и ознакомиться с описанием лабораторной работы

6.4. Получить комплект токарных резцов, универсальный угломер, штангенциркуль.

6.5. Изучить конструкцию каждого токарного резца, определить тип, материал режущей части.

6.6. Изучить конструкцию и принцип работы универсального угломера.

6.7. Определить основные углы токарных резцов с помощью универсального угломера ЛМТ.

6.8. Выполнить необходимые расчеты и оформить отчет о лабораторной работе. Ответить на контрольные вопросы.

7. Требования к содержанию и оформлению отчета

Отчет должен содержать:

- 1) титульный лист;
- 2) название и цель работы;
- 3) схемы настройки, наладки, замеров;
- 4) таблицы, результаты измерений и вычислений;
- 5) выводы.

8. Контрольные вопросы

1. Какова классификация токарных резцов?
2. Каковы основные элементы токарного резца?
3. Какие поверхности и координатные плоскости используются для определения углов резца?
4. Как выполняется рабочий чертеж токарного резца ?
5. Каково назначение и определение углов резца: φ , φ_1 , α , γ , α_1 , γ_1 , λ , δ , β , ε ?
6. Как рассчитать величину углов ε , β и δ , если известны все остальные ?
7. Чем руководствуются при выборе марки твердого сплава режущей части резца?
8. Исходя из каких условий производится выбор оптимальной геометрии резца?
9. Какова конструкция и метод измерения углов резца с помощью универсального угломера ЛМТ?
10. Главные факторы, определяющие оптимальные величины переднего и заднего углов резца?

9. Критерии оценки выполнения лабораторной работы

Критериями оценки выполнения лабораторной работы являются:

- правильность определения типа резца и назначения;
- умение пользоваться универсальным угломером ЛМТ для измерения углов резца;
- освоение методики расчета углов резца;
- правильность расчета геометрических размеров резца;
- правильность ответов на контрольные вопросы.

Лабораторная работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ФОРМЫ ПРИ ТОЧЕНИИ НЕЖЕСТКИХ ЗАГОТОВОК

1. Цель и задачи лабораторной работы

Изучение влияния податливости заготовки на точность формы и размеров детали при обработке на токарных станках.

2. Теоретическая часть

При обработке деталей на станках большую роль играет жесткость заготовки, которая предопределяет точность и производительность обработки, места и усилия зажима, режимы и другие факторы процесса обработки и его результатов. При обработке консольно закрепленных прутков деталей на токарных станках, например, с увеличением вылета консоли увеличивается прогиб заготовки от действия сил резания. Поэтому часто при обработке нежестких заготовок на токарных станках применяют люнеты. При обработке деталей на станках имеют место и упругие сжатия узлов станка, приспособления и инструмента. Но в данной работе ими можно пренебречь, т.к. они во много раз меньше сжатия заготовки.

3. Описание лабораторного оборудования

Применяемое оборудование, приборы, материалы и инструменты:

- токарный станок 16Б25ПСп;
- резец проходной;
- пруток диаметром 15–25 мм длиной 230–300 мм, материал Ст.45;
- микрометр с диапазоном измерения 0–25 мм и ценой деления 0,01 мм.

4. Меры безопасности

Каждый студент должен получить инструктаж о технике безопасности, производственной санитарии.

Перед каждым включением станка убедиться, что пуск станка никому не угрожает опасностью.

Проверить на холостом ходу станка:

– исправность органов управления (механизмов главного движения, подачи, пуска, останова движения и др.);

– исправность фиксации рычагов включения и переключения (убедиться в том, что возможность самопроизвольного переключения с холостого хода на рабочий исключена).

5. Задание

5.1. Определить точность формы и размеров детали при обработке нежестких заготовок на токарном станке.

6. Методика выполнения задания

6.1. Пройти инструктаж по технике безопасности.

6.2. Получить индивидуальное задание для выполнения лабораторной работы.

6.3. Изучить теоретический материал и ознакомиться с описанием лабораторной работы.

6.4. Получить:

– резец проходной;

– пруток из стали 45 диаметром 15–25 мм и длиной $l = 230–300$ мм; чем больше диаметр заготовки, тем больше должна быть и ее длина;

– микрометр 0–25 мм с ценой деления 0,01 мм;

– штангенциркуль 0–250 мм.

Работа выполняется на токарном станке с трехкулачковым патроном.

6.5. Установить заготовку в трехкулачковом патроне токарного станка в соответствии с рис. 1.

Для заготовок диаметром 15 мм удобнее выбирать длину консольной части $l=180$ мм и при $d_o = 25$ мм – $l = 200$ мм.

6.6. Проточить заготовку до диаметра d_0 для устранения погрешностей установки и погрешностей формы заготовки, что обеспечивает равномерность припуска при последующей обработке. Протачивание заготовки выполняется при небольшой подаче и глубине резания.

6.7. Замерить диаметр заготовки d_0 и занести в табл. 1.

6.8. Произвести обтачивание заготовки по всей длине (кроме технологически необходимого участка l_1).

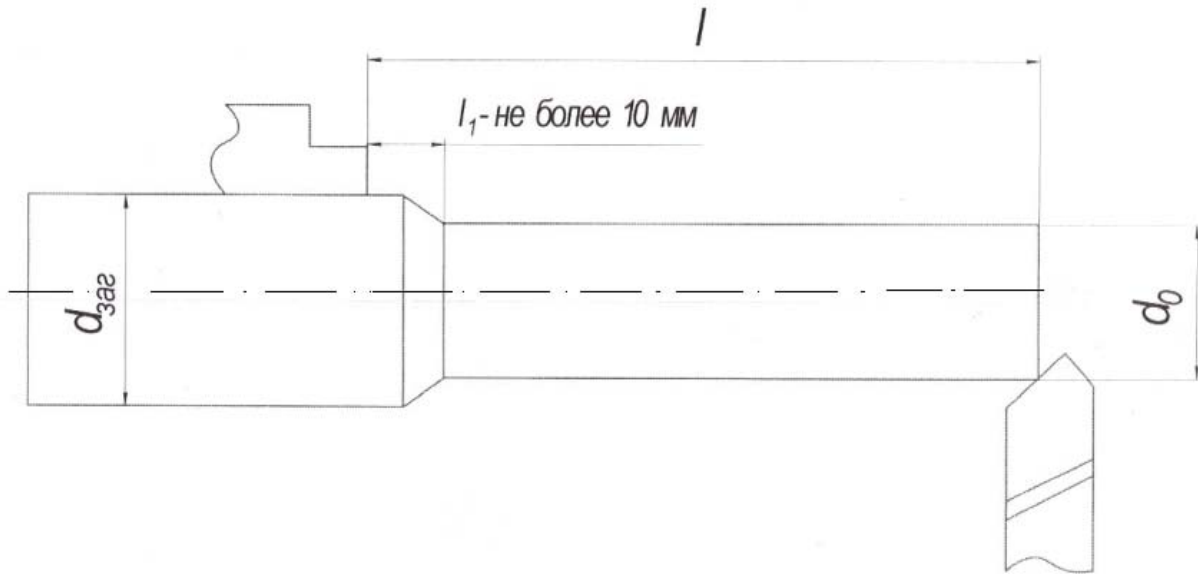


Рис. 1. Схема установки заготовки

Рекомендуются следующие режимы резания:

- $n=200-500$ об/мин;
- $S=0,2$ мм/об;
- $T=0,5$ мм.

6.9. Произвести замер диаметров d_1, d_2 и d_3 в сечениях, соответствующих наибольшей длине заготовки l , середине заготовки $0,5l$ и наименьшей длине l_1 в соответствии с рис. 2.

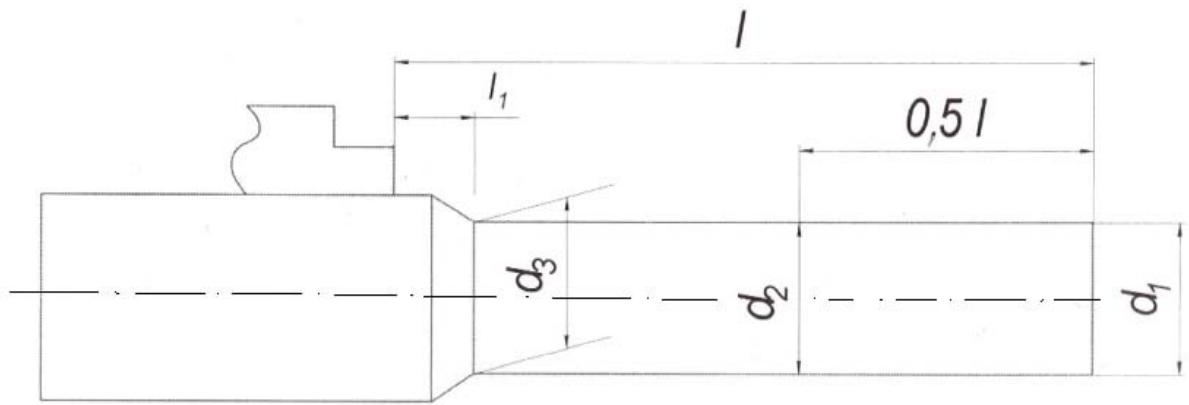


Рис. 2. Схема замера диаметров

6.10. Произвести расчет ожидаемой формы заготовки после ее обработки под действием составляющей P_y усилия резания (влиянием P_z и P_x пренебрегаем).

Радиальная составляющая усилия резания определяется по формуле (1)

$$P_y = C_p \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot V^{n_p} \cdot K_p, \text{ кг} \quad (1)$$

где $C_p = 125$ при обработке конструкционной стали ($\sigma_s = 75 \text{ кг} / \text{мм}^2$)

резцами из быстрорежущей стали;

$C_p = 243$ – при обработке конструкционной стали ($\sigma_s = 75 \text{ кг} / \text{мм}^2$) резцами из твердого сплава.

t – глубина резания в мм, пренебрегая уменьшением глубины резания на конце заготовки, принимаем

$$t = \frac{d_o - d_3}{2}, \quad (2)$$

V – скорость резания, мм/ мин.

$$V = \frac{\pi \cdot d_o \cdot n}{1000}, \quad (3)$$

$X_p = 0,9$; $Y_p = 0,75$ и $0,6$ при обработке конструкционной стали соответственно резцами из быстрорежущей стали и твердого сплава;

$n_p = 0$ и $n_p = -0,3$ при обработке стальных деталей резцами из быстрорежущей стали и твердого сплава соответственно.

Влияние обрабатываемого материала и геометрии резца на величину радиальной составляющей силы резания учитывается коэффициентом K_p .

При обработке стали марки 45 ($\sigma_s = 55 \text{ кг} / \text{мм}^2$) резцами быстрорежущей стали с передним углом $\gamma = 12..15^\circ \text{С}$, радиусом при вершине $r = 1 \text{ мм}$, $K_p = 0,86$.

При обработке стали марки 45 твердосплавными резцами с передним углом $\gamma = 10^\circ \text{С}$ $K_p = 0,66$.

При условии резания отличных от приводимых здесь, значения коэффициента K_p определяются по справочнику технолога – машиностроителя [2].

6.11. Рассчитать прогиб консольно закрепленной заготовки под действием усилия резания

$$y = \frac{P_y \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot J}, \text{ мм}, \quad (4)$$

где J – осевой момент инерции сечения, для тел круглого сечения

$$J = 0,05 d_0^4, \text{ мм}^4,$$

E – модуль упругости материала заготовки, равный $2,1 \cdot 10^4 \text{ кг} / \text{мм}^2$, – для стали и $1,05 \cdot 10^4 \text{ кг} / \text{мм}^2$ – для чугуна.

Определяются прогибы y и расчетные диаметры для трех сечений заготовки – l , $0,5 l$ и l_1 .

Все опытные и расчетные величины занести в табл.1.

Таблица 1

Результаты замеров и расчетов

Величина	Положение сечений		
	l	$0,5l$	l_1
Диаметр до обработки		$d_0 =$	
Диаметр после обработки	$d_1 =$	$d_2 =$	$d_3 =$
Прогиб y			
Расчетный диаметр $d_p = d_0 - 2t + 2y$			

6.12. Сформулировать выводы из сопоставления фактических диаметров с расчетными величинами и оформить отчет о лабораторной работе.

7. Требования к содержанию и оформлению отчета

Отчет должен содержать:

- 1) титульный лист;
- 2) название и цель работы;
- 3) схемы настройки, наладки, замеров;
- 4) таблицы, результаты измерений и вычислений;
- 5) выводы.

8. Контрольные вопросы

1. Какая форма детали будет при обработке заготовки установленной в патроне?
2. Какая форма детали будет при обработке заготовки, установленной в патроне с использованием вращающегося центра?
3. Каким образом можно уменьшить погрешности формы детали при обработке нежестких заготовок?
4. Перечислите виды и назначение люнетов.
5. Приведите формулу расчета прогиба консольно закрепленной заготовки под действием усилия резания.

9. Критерии оценки выполнения лабораторной работы

Критериями оценки выполнения лабораторной работы являются:

- правильность расчета ожидаемой формы детали;
- правильность расчета прогиба заготовки под действием усилия резания;
- правильность формулирования выводов из сопоставления фактических диаметров с расчетными величинами;
- правильность ответов на контрольные вопросы.

Лабораторная работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ТОКАРНОГО СТАНКА МЕТОДОМ ПРЯМОЙ И ОБРАТНОЙ ПОДАЧИ

1. Цель и задачи лабораторной работы

Изучение методики одного из производственных способов определения жесткости токарного станка методом прямой и обратной подачи.

2. Теоретическая часть

При недостаточной жесткости станка, как части технологической системы Станок-приспособление-инструмент-деталь (СПИД), нельзя достичь высокой производительности и точности обработки деталей. Поэтому изучение вопросов жесткости станка и ее влияние на точность обработки имеет важное значение, особенно при работе на настроенных станках.

Многообразие и непостоянство факторов, влияющих на СПИД, усложняет определение жесткости станка расчетно-аналитическим методом. Поэтому жесткость станка определяют экспериментальным (производственным) путем.

Производственный метод определения жесткости токарных станков методом прямой и обратной подачи [1] по сравнению с другими методами отличается простотой, малой трудоемкостью, больше соответствует эксплуатационным условиям, хотя и дает несколько заниженное значение жесткости.

Указанный метод основан на разности размеров детали (разности упругости деформаций системы), полученных при обработке с прямой подачей и с последующей обратной подачей резца. Вследствие упругих деформаций системы СПИД при прямой подаче резец отжимается от обрабатываемой поверхности. При этом заготовка и резец должны иметь большую жесткость и поэтому их деформацией можно пренебречь. При обработке с обратной подачей резца (после обработки с прямой подачей при неизменной настройке резца) нагрузка на резец почти полностью снимается и последний, возвращаясь в исходное положение, снимает дополнительный слой металла при обратном проходе по уже обработанной поверхности.

Способность системы СПИД сопротивляться приложенной статической нагрузке характеризует жесткость данной системы или станка (кг/мм или кг/мкм):

$$\gamma_{cm} = \frac{P_y}{y_{cm}}, \quad (1)$$

где P_y – нормально составляющая усилия резания (ее направление совпадает с направлением выдерживаемого размера);

y_{cm} – смещение (отжатие) элементов системы или узлов станка в результате приложения усилия.

3. Описание лабораторного оборудования

Применяемое оборудование, приборы, материалы и инструменты:

-токарный станок 16Б25ПСП;

– резец проходной, передний угол =0, углы в плане угол наклона режущей кромки =0;

– пруток диаметром 15–25 мм длиной 230–300 мм, материал Ст.45;

– микрометр с диапазоном измерения 0–25 мм и ценой деления 0,01 мм.

– вращающийся центр.

4. Меры безопасности

Каждый студент должен получить инструктаж о технике безопасности, производственной санитарии.

Перед каждым включением станка убедиться, что пуск станка никому не угрожает опасностью.

Проверить на холостом ходу станка:

– исправность органов управления (механизмов главного движения, подачи, пуска, останова движения и др.);

– исправность фиксации рычагов включения и переключения (убедиться том, что возможность самопроизвольного переключения с холостого хода на рабочий исключена).

При обработке деталей в центрах проверить, закреплена ли задняя бабка, и после установки изделия смазать центр. При дальнейшей работе нужно периодически смазывать задний центр.

Во избежание несчастных случаев и попадания грязи и стружки в механизмы станка запрещается обдуть воздухом из шланга обрабатываемую поверхность и станок.

Во избежание травм из-за инструмента необходимо:

– включить сначала вращение шпинделя, а затем подачу; при этом обрабатываемую деталь следует привести во вращение до соприкосновения ее с резцом, врезание производить плавно, без ударов;

– перед остановом станка сначала выключить подачу, отвести режущий инструмент от детали, а потом выключить вращение шпинделя.

При закреплении детали в центрах:

– протереть и смазать центровые отверстия;
– не применять центр с изношенными или забитыми конусами;
– следить за тем, чтобы размеры токарных центров соответствовали центровым отверстиям обрабатываемой детали;

– не затягивать туго задний центр, надежно закреплять заднюю бабку и пиноль;

– следить за тем, чтобы деталь опиралась на центр всей конусной частью центрального отверстия; не допускать упора центра в дно центрального отверстия детали.

5. Задание

1. Определить жесткость токарного станка производственным способом и сравнить полученный результат с рекомендуемыми величинами нормальной жесткости станков.

6. Методика выполнения задания

6.1. Получить индивидуальное задание для выполнения лабораторной работы.

6.2. Изучить теоретический материал и ознакомиться с описанием лабораторной работы.

6.3. Получить заготовки и инструменты:

- жесткую цилиндрическую заготовку из стали Ст 45;
- микрометр с ценой деления 0,01 мм;
- вращающийся центр;
- резец проходной, передний угол $\gamma=0$, углы в плане $\phi=45^\circ$, угол наклона режущей кромки $\lambda=0$.

Работа выполняется на токарном станке с трехкулачковым патроном.

Изучить необходимое для выполнения работы оборудование, приспособления, режущий и измерительный инструмент.

6.4. Проанализировать задание для выполнения лабораторной работы

6.5. Установить заготовку в патроне станка и поджать вращающимся центром (рис. 1). Обработать поверхность для устранения биения, измерить диаметр заготовки и результат занести в таблицу 1 ($D_{\text{перед}}$ при прямой подаче).

Установить обороты станка $n = 500$ об/мин (не более) и подачу $S=0,2$ мм/об.

Установить по лимбу станка глубину резания $t = 0,5-0,7$ мм.

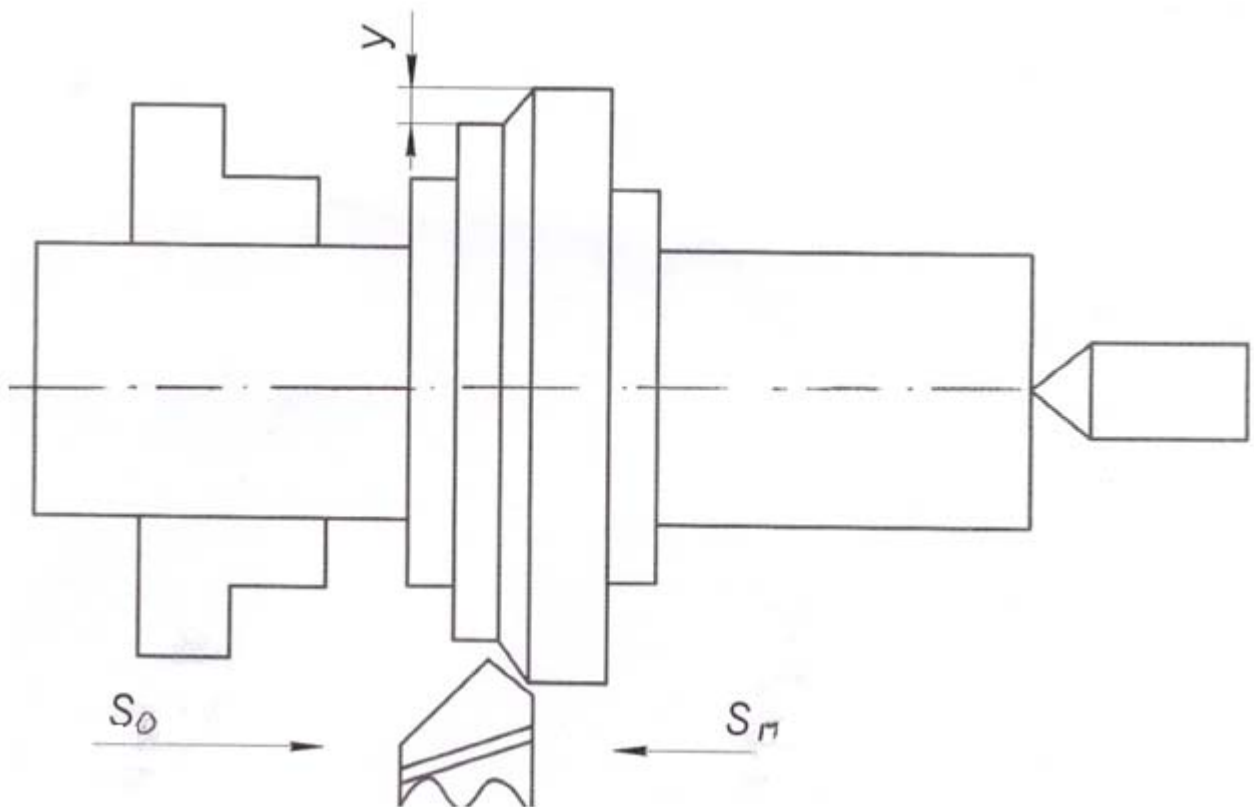


Рис. 1. Схема установки заготовки

6.6. Проточить заготовку при прямой подаче и не отводя резца после его схода с поверхности, выключить подачу и вращение шпинделя.

Замерить диаметр детали после обработки с прямой подачей. Результат замера занести в табл. 1 – $D_{ок}$. Этот же размер будет предварительным диаметром для точения с обратной подачей.

Выключить вращение шпинделя станка.

6.7. Переключить направление подачи на обратное. Включить вращение шпинделя станка.

Не перемещая резца в поперечном направлении, проточить заготовку при обратном ходе резца.

Остановить станок.

Замерить диаметр детали после обратного хода $D_{обр}$ и результат занести в табл. 1.

Таблица 1

Результаты измерений

Проходы	$D_{пред}$	$D_{окон}$	Режимы обработки
Прямой			n , об/мин S , мм/об t , мм
Обратный			

6.8. Определить величину отжатия узлов станка $Y_{уст}$ как полуразность диаметров после прямого и обратного ходов резца, т.е.

$$Y_{уст} = \frac{D_{прям} - D_{обр}}{2}, \text{ мм.} \quad (2)$$

6.9. Определить радиальную составляющую усилия резания по формуле

$$P_y = C_p \cdot t^{xp} \cdot S^{yp} \cdot V^{np} \cdot K^p, \text{ кг,} \quad (3)$$

где t – глубина резания при прямом ходе.

$$t = \frac{D_{прям} - D_{обр}}{2}, \text{ мм.} \quad (4)$$

$C_p=125$ – при обработке конструкционной стали резцами из быстрорежущей стали;

$C_p=243$ – при обработке конструкционной стали резцами из твердого сплава.

V – скорость резания, мм/мин.

$X_p=0,9$; $Y_p=0,75$ и $0,6$ при обработке конструкционной стали соответственно резцами из быстрорежущей стали и твердого сплава;

$P_p=0$ и $-0,3$ при обработке стальных деталей резцами из быстрорежущей стали и твердого сплава соответственно.

Влияние обрабатываемого материала и геометрии резца на величину радиальной составляющей силы резания учитывается коэффициентом K_p .

При обработке стали марки 45 ($\sigma_s = 55 \text{ кг/мм}^2$) быстрорежущими резцами с передним углом $\gamma = 12..15^\circ$, радиусом при вершине $r = 1$ мм, $K_p = 0,86$.

При обработке стали марки 45 твердосплавными резцами с передним углом $\gamma = 10^\circ$, $K_p = 0,66$.

При условии резания отличных от приводимых здесь, значения коэффициента K_p определяются по справочнику технолога–машиностроителя [2].

6.10. Рассчитать жесткость станка.

$$\gamma_{cm} = \frac{P_y}{y_{cm}}, \text{ кг/мм.} \quad (5)$$

6.11. Сопоставить полученный результат с рекомендуемыми величинами нормальной жесткости станков.

Если вместо значений жесткости в таблице приведены значения податливостей, то по податливости станка необходимо определить его жесткость.

$$\gamma_{cm} = \frac{I}{\omega}, \quad (6)$$

где ω – податливость станка, мм/мГ.

6.12. Оформить отчет о лабораторной работе.

7. Требования к содержанию и оформлению отчета

Отчет должен содержать:

- 1) титульный лист;
- 2) название и цель работы;
- 3) схемы настройки, наладки, замеров;
- 4) таблицы, результаты измерений и вычислений;
- 5) выводы

8. Контрольные вопросы

1. Назовите преимущества экспериментального способа определения жесткости токарного станка.

2. Назовите недостатки экспериментального способа определения жесткости станков.

3. Назовите методы определения жесткости станка и их отличия.

4. Что усложняет определение жесткости станка расчетно–аналитическим методом?

5. Приведите формулу расчета жесткости станка.

9. Критерии оценки выполнения лабораторной работы

Критериями оценки выполнения лабораторной работы являются:

- правильность установления режимов обработки и измерения размеров обработанной детали;
- правильность расчета жесткости станка;
- правильность формулирования вывода о жесткости станка;
- правильность ответов на контрольные вопросы.

Лабораторная работа № 4

ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ ПРИ НАЛАДКЕ СТАНКА ПО ЖЕСТКОМУ И ИНДИКАТОРНОМУ УПОРАМ

1. Цель и задачи лабораторной работы

Определение точности обработки с применением жесткого и индикаторного упоров.

2. Теоретическая часть

Обработка деталей на отлаженных на размер станках в условиях серийного производства является важным средством повышения производительности универсальных станков.

Для этой цели могут быть использованы, в зависимости от необходимой точности обработки, жесткие или индикаторные упоры. Настоящая работа знакомит с методикой определения возможной точности обработки деталей на токарных станках и использованием жестких упоров станка и индикаторного упора.

Для уменьшения влияния на точность обработки ряда других погрешностей, а именно: погрешности базирования, жесткости системы СПИД, температурных деформаций, а также износа инструмента, приняты следующие условия.

Вместо использованной партии обрабатываемых деталей принят один жесткий валик с предварительно проточенными кольцевыми канавками, который устанавливается в патроне и поджимается задним вращающимся центром.

После установки валика для обработки и исследований он обтачивается по всей длине для устранения биения.

Резец берется бывший в работе, чтобы исключить влияние периода его приработки.

Обработка выполняется с режимами, близкими к режимам тонкого точения (малые глубины резания и подачи), чтобы обеспечить высокую чистоту поверхности и исключить влияние гребешков неровностей на точность замера диаметров.

3. Описание лабораторного оборудования

Применяемое оборудование, приборы, материалы и инструменты:

- токарный станок 16Б25ПСП;
- резец проходной, передний угол $=0$, углы в плане угол наклона режущей кромки $=0$
- прутки диаметром 15–25 мм длиной 230–300 мм, материал Ст.45;
- микрометр с диапазоном измерения 0-25 мм и ценой деления 0,01 мм.
- вращающийся центр.

4. Меры безопасности

Каждый студент должен получить инструктаж о технике безопасности, производственной санитарии.

Перед каждым включением станка убедиться, что пуск станка никому не угрожает опасностью.

Проверить на холостом ходу станка:

- исправность органов управления (механизмов главного движения, подачи, пуска, останова движения и др.);
- исправность фиксации рычагов включения и переключения (убедиться в том, что возможность самопроизвольного переключения с холостого хода на рабочий исключена).

При обработке деталей в центрах проверить, закреплена ли задняя бабка, и после установки заготовки смазать центр.

Во избежание травм из-за инструмента необходимо:

- включить сначала вращение шпинделя, а затем подачу; при этом обрабатываемую заготовку следует привести во вращение до соприкосновения ее с резцом, врезание производить плавно, без ударов;
- перед остановом станка сначала выключить подачу, отвести режущий инструмент от детали, а потом выключить вращение шпинделя.

При закреплении заготовки в центрах:

- протереть и смазать центровые отверстия;
- не применять центр с изношенными или забитыми конусами;

- следить за тем, чтобы размеры токарных центров соответствовали центровым отверстиям обрабатываемой детали;
- не затягивать туго задний центр, надежно закреплять заднюю бабку и пиноль;
- следить за тем, чтобы деталь опиралась на центр всей конусной частью центрального отверстия; не допускать упора центра в дно центрального отверстия детали.

5. Задание

5.1. Определить точность обработки с применением жесткого и индикаторного упоров. Сформулировать выводы о соотношении получаемой погрешности с указанием возможного класса точности обработки или величины допуска на обработку.

6. Методика выполнения задания

6.1. Получить индивидуальное задание для выполнения лабораторной работы.

6.2. Изучить теоретический материал и ознакомиться с описанием лабораторной работы.

6.3. Получить заготовки и инструменты:

- жесткий валик с кольцевыми канавками из стали Ст 45;
- микрометр с ценой деления 0,01 мм;
- индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм;
- вращающийся центр;
- резец проходной с пластиной из твердого сплава, бывший в работе, но не затупленный;
- стойка специальная для индикатора и планки переходника для поперечного упора.

Работа выполняется на токарном станке с трехкулачковым патроном.

Изучить необходимое для выполнения работы оборудование, приспособления, режущий и измерительный инструмент.

6.4. Проанализировать задание для выполнения лабораторной работы.

6.5. Выполнить наладку станка, как показано на рис. 1.

Установить заготовку в патроне станка и поджать вращающимся центром (рис. 1). Обработать поверхность для устранения биения, измерить диаметр заготовки и результат занести в табл. 1 ($D_{\text{пред}}$ при прямой подаче).

Установить обороты станка $n=500$ об/мин (не более) и подачу $S=0,2$ мм/об.

Установить по лимбу станка глубину резания $t=0,5-0,7$ мм.

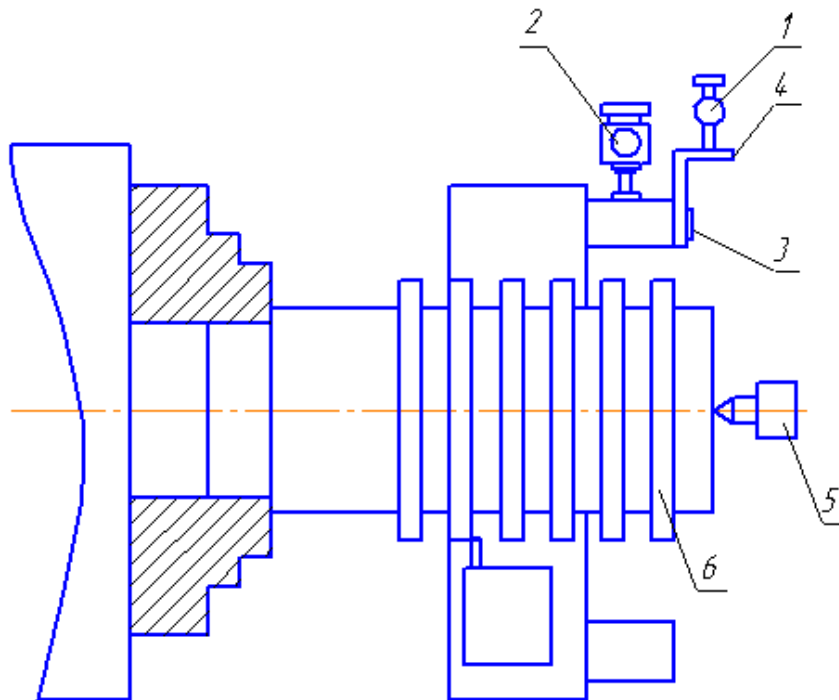


Рис. 1. Схема наладки станка:

1 – индикаторный упор; 2 – жесткий поперечный упор; 3 – гайка;
4 – планка-переходник; 5 – вращающийся центр; 6 – обрабатываемый валик

6.6. Проточить валик по всей длине для устранения биения. При этом припуск снимается минимально возможный, а величина его устанавливается путем вращения микрометрического винта упора.

6.7. Резец установить на глубину резания 0,1-0,3 и положение резца в диаметральной направлении фиксировать жестким упором (контактные поверхности жесткого упора соприкасаются).

6.8. Проточить первую половину буртов валика при установке резца по жесткому упору. Причем после обработки каждого бурта подача выключается, а резец отводится на 2–3 оборота рукоятки поперечных подач. Продольная подача – 0,1–0,15 мм/об. После каждого выключения подачи микрометром замеряется диаметр обработанной поверхности и результат заносится в табл. 1.

Результаты измерений

Упор	Замеры												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Жесткий													
Индикаторный													

6.9. Индикаторный упор настроить на ноль по жесткому упору и после этого небольшим поворотом микрометрического винта жесткий упор отвести, чтобы образовался небольшой зазор между площадками жесткого упора.

6.10. Обточить вторую половину буртов оправки с настройкой по индикаторному упору. После проточки каждого бурта резец также отводится на 2–3 оборота рукоятки. С помощью микрометра проводится замер диаметров обработанных поверхностей и данные заносятся в табл. 1.

6.11. Построить точечную диаграмму (рис. 2), где в выбранном масштабе изображается разброс размеров при обработке по жесткому и индикаторному упорам. Дается вывод о соотношении разброса размеров для жесткого и индикаторного упоров и указывается возможный класс точности обработки или величина допуска на обработку деталей при принятых условиях обработки.

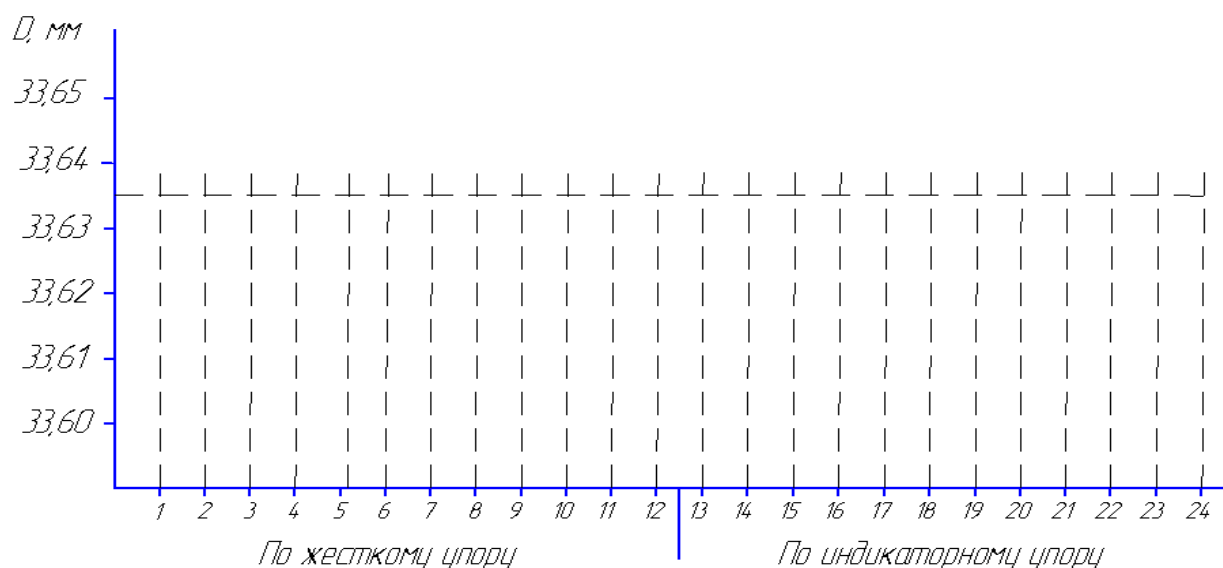


Рис. 2. Разброс размеров детали при обработке по жесткому и индикаторному упорам

6.12. Оформить отчет о лабораторной работе.

7. Требования к содержанию и оформлению отчета

Отчет должен содержать:

- 1) титульный лист;
- 2) название и цель работы;
- 3) схему наладки станка;
- 4) таблицу с результатами измерений и вычислений;
- 5) выводы о соотношении разброса размеров для жесткого и индикаторного упоров, указывается класс точности обработки или величина допуска на обработку деталей при принятых условиях обработки.

8. Контрольные вопросы

1. Объясните настройку станка по жесткому упору.
2. Объясните настройку станка по индикаторному упору.
3. Объясните методику выполнения лабораторной работы.
4. Какие факторы влияют на точность обработки детали.
5. Какой метод настройки более точный, по жесткому или индикаторному упору?

9. Критерии оценки выполнения лабораторной работы

Критериями оценки выполнения лабораторной работы являются:

- правильность настройки станка, установления режимов обработки и измерения размеров обработанной детали;
- правильность определения класса точности обработки детали по жесткому и индикаторному упорам;
- правильность ответов на контрольные вопросы.

Список литературы

1. Кораблев П.А. Точность обработки на металлорежущих станках в приборостроении. Машгиз, 1962. 224 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя в 2 томах. Том 2, под ред. А.Н.Малова. М., 1972.
3. Справочник технолога-машиностроителя в 2 томах. Том 1, под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. М.: Машиностроение, 2001. 912 с.
4. Маталин А. А. Технология машиностроения: учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1985. 496 с.
5. Молчанов Г. Н. Повышение эффективности обработки на станках с ЧПУ. М.: Машиностроение, 1979. 204 с. (Библиотека технолога).
6. Блюмберг В. А., Зазерский Е. И. Справочник токаря. Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1981. 406 с.
7. РТМ-588. Межоперационные припуски и допуски, НИАТ, 1968.
8. Ишуткин В. И. Технологическая надежность системы СПИД. М., «Машиностроение», 1989.-296 с.
9. Жолобов А. А. Технология автоматизированного производства. учебник для вузов.-Мн.: Дизайн ПРО, 2000. 624 с.
10. Ящерицин П.И. и др. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах: учеб. для вузов / П. И. Ящерицин, Е. Э. Фельдштейн. Минск: Высш. школа. 2005. 512 с.
11. Основы автоматизации машиностроительного производства: Учеб. для машиностроит. спец. вузов/ Е.Р. Ковальчук, М.Г. Косов, В.Г. Митрофанов и др.; Под ред. Ю.М. Соломенцева. 2-е изд. испр. –М.: Высш. школа, 2001. 312 с.
12. Скворцов А.В. Основы технологии автоматизированных машиностроительных производств: Учебник/А.В.Скворцов, А.Г.Схиртладзе.- М.: Высш.шк., 2010.- 589 с.
13. Технологическое оборудование машиностроительных производств. учебник для вузов. /А.Г. Схиртладзе, В.Ю.Новиков / под ред. Ю. М. Соломенцева. М.: Высш. школа. 2002. 407 с.