

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра автоматизированного оборудования  
машиностроительного производства

**УСТАНОВОЧНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ СТАНКОВ  
И СТАНОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению лабораторных работ для студентов  
направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое  
обеспечение машиностроительных производств»  
(профиль «Металлообрабатывающие станки и комплексы»)  
всех форм обучения

Воронеж 2022

УДК 621.9.06-229(07)  
ББК 30.605я7

**Составитель**

канд. техн. наук доцент М. В. Кондратьев

**Установочные приспособления станков и станочных комплексов:** методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профиль «Металлообрабатывающие станки и комплексы») всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. М. В. Кондратьев. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022. – 32 с.

В методических указаниях изложены содержание, последовательность выполнения лабораторных работ, требования к содержанию и оформлению каждой из них, теоретические материалы по разработке конструкций установочных приспособлений с учетом теории и методик базирования, разработки эскизов и схем базирования, способов установки заготовок и расчетов погрешностей базирования. Лабораторные работы выполняются с применением компьютерных технологий.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле: УПСиСК.ЛР.pdf

Ил. 29. Табл. 7. Библиогр.: 4 назв.

**УДК 621.9.06-229(07)**  
**ББК 30.605я7**

**Рецензент** - С. Ю. Жачкин, д-р техн. наук, профессор кафедры автоматизированного оборудования машиностроительных производств ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета  
Воронежского государственного технического университета*

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ СТУДЕНТОВ

Методические указания разработаны для трех лабораторных работ, рассчитанных на 18 академических часов, связанных с проектированием конструкций установочных приспособлений для обработки деталей в машиностроительном производстве, позволяющей использовать высокопроизводительные способы проектирования, проверки и оптимизации конструкций приспособлений для закрепления деталей.

Цель работ: закрепление теоретических знаний по курсу "Установочные приспособления станков и станочных комплексов" и приобретение практических навыков в разработке конструкций установочных приспособлений, позволяющих значительно повысить производительность работы технолога, рабочего и снизить вероятность возникновения ошибок.

Все лабораторные работы рассчитаны на выполнение каждым студентом индивидуальных заданий, выдаваемых преподавателем.

Время выполнения одной работы - 6 часов.

Не позднее, чем за две недели до проведения лабораторной работы, студент должен знать номер той работы, которую он должен выполнять на следующем занятии.

За это время студент знакомится с описанием лабораторной работы, изучает теоретические вопросы, продумывает возможные варианты выполнения работы.

Отчет по лабораторным работам оформляется в отдельной тетради. Он должен отвечать требованиям, изложенным в п 4. описания каждой работы.

Отчет проводится в форме защиты каждой лабораторной работы с обоснованием выданного варианта задания.

Студент защищает лабораторную работу в присутствии всех студентов подгруппы. Каждый присутствовавший может задавать вопросы и высказывать свое мнение по поводу проекта.

## Лабораторная работа №1

Тема: Базы и принципы базирования.

Цель работы: Изучить основы теории базирования, изучить методику практического применения правила 6 точек при разработке схемы базирования заготовки в приспособлении.

Норма времени: 6 часов.

Используемые материалы: Методическое указание по выполнению лабораторной работы. Раздаточный материал. Справочник технолога машиностроителя.

### Краткие теоретические сведения

Выбор установочных баз является ответственной работой, выполняемой при проектировании технологического процесса изготовления детали. Его производят в соответствии с правилами и учетом конкретных условий обработки.

Из теоретической механики известно, что твердое тело имеет **шесть степеней свободы**: три связаны с перемещением тела вдоль трех взаимно перпендикулярных осей координат  $OX$ ,  $OY$ ,  $OZ$  и три – с возможностью его поворота относительно этих осей.

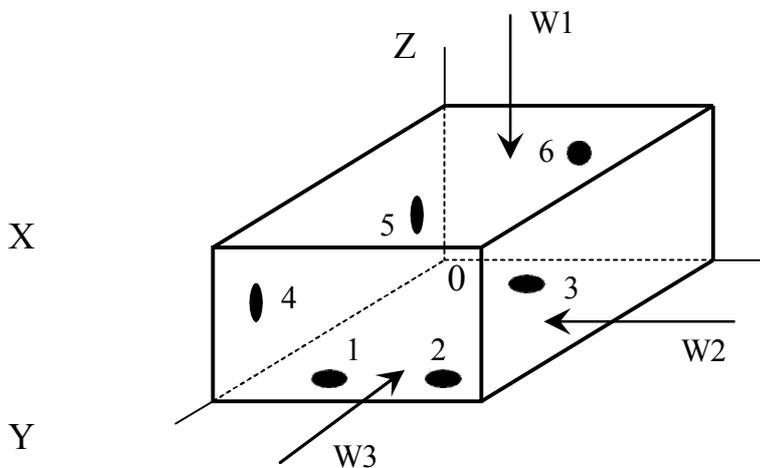


Рис. 1. Схема базирования и зажима заготовки в приспособлении

Каждая опора лишает заготовки одной степени свободы, следовательно, для лишения заготовки всех (шести) степеней свободы необходимо, чтобы в приспособлении было шесть неподвижных опорных точек (правило шести точек). Эти точки находятся в трех взаимно перпендикулярных плоскостях: т. **1,2 и 3**, расположенные в плоскости  $XOY$ , лишают заготовку **трех степеней свободы** – возможности перемещаться вдоль оси  $OZ$  и вращаться вокруг осей  $OX$  и  $OY$ . возможности

Точки **4** и **5**, расположенные в плоскости **ZOY**, лишают ее *двух степеней свободы* – возможности перемещаться вдоль оси **OX** и вращаться вокруг оси **OZ**.

Точка **6**, расположенная на плоскости **XOZ**, лишает заготовку *шестой степени свободы* – возможности перемещаться вдоль оси **OY**.

Силы зажима **W1, W2, W3**, действующие в направлениях, перпендикулярных к трем плоскостям, прижимают заготовку к шести неподвижным опорам. Число неподвижных опор в приспособлении не должно быть больше шести, так как в противном случае создается неустойчивое положение обрабатываемой заготовки в приспособлении.

*Опорная точка* – символ одной из связей заготовки или изделия с избранной системой координат (рис. 2).

Для обеспечения неподвижности заготовки или изделия в избранной системе координат на них необходимо наложить 6 двусторонних геометрических связей, для создания которых необходим комплект баз. Если, в соответствии со служебным назначением, изделие должно иметь определенное число степеней свободы, то соответствующее число связей снимается.

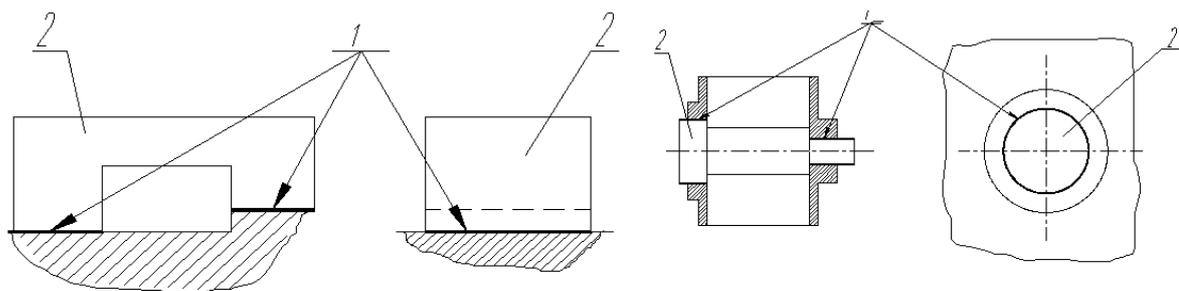


Рис. 2. База - сочетание поверхностей. 1 – база; 2 – деталь

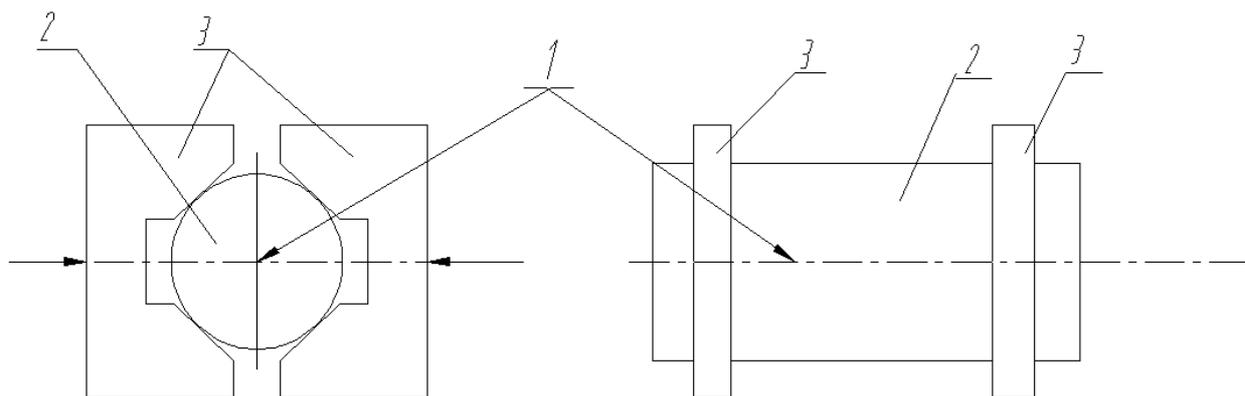


Рис. 3. База – ось. 1 – база; 2 – деталь; 3 - губки самоцентрирующих тисков

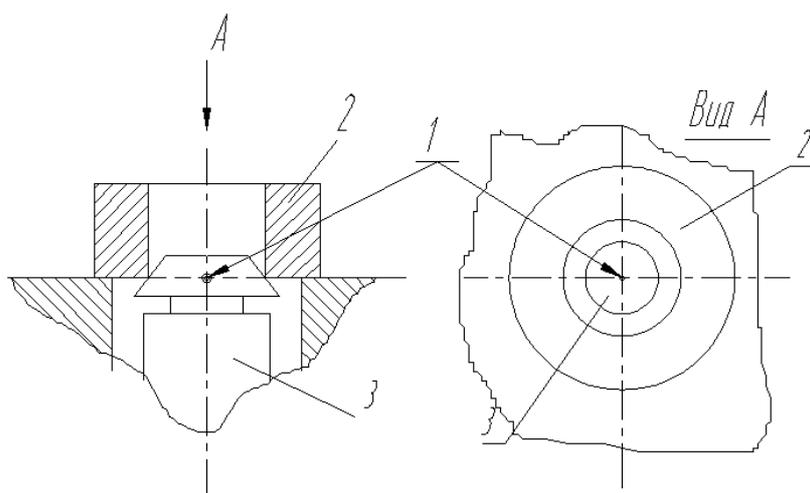


Рис. 4. База – точка. 1 – база; 2 – деталь; 3 - подпружиненный центрирующий конус приспособления

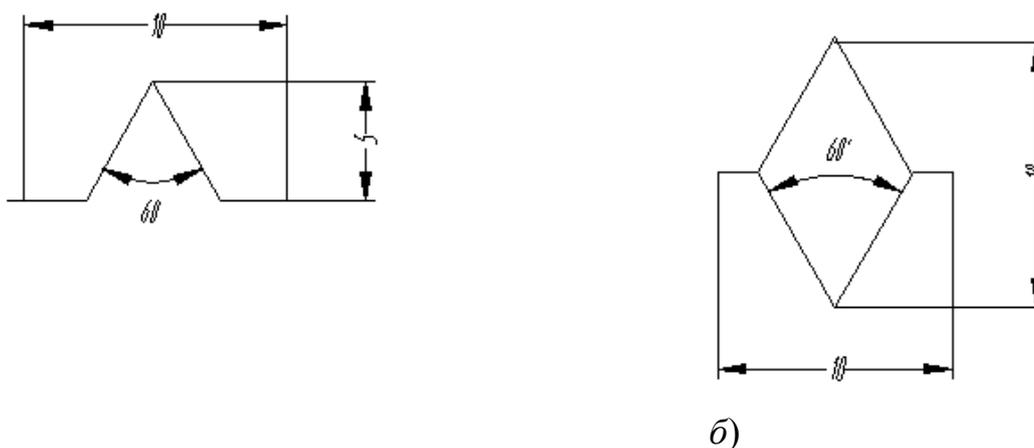


Рис. 5. Условное изображение опорных точек:  
а) - на виде спереди и сбоку; б) - на виде сверху

*Комплект баз* – совокупность трех баз, образующих систему координат заготовки или изделия.

*Схема базирования* – схема расположения опорных точек на базах заготовки или изделия.

Все опорные точки на схеме базирования изображают условными знаками (рис. 2) и номеруют порядковыми номерами, начиная с базы, на которой располагается наибольшее количество опорных точек.

При наложении в какой-либо проекции одной опорной точки на другую, изображается одна точка и около нее (в скобках) проставляют номера совмещенных точек.

Число проекций заготовки или изделия на схеме базирования должно быть достаточным для четкого представления о размещении опорных точек.

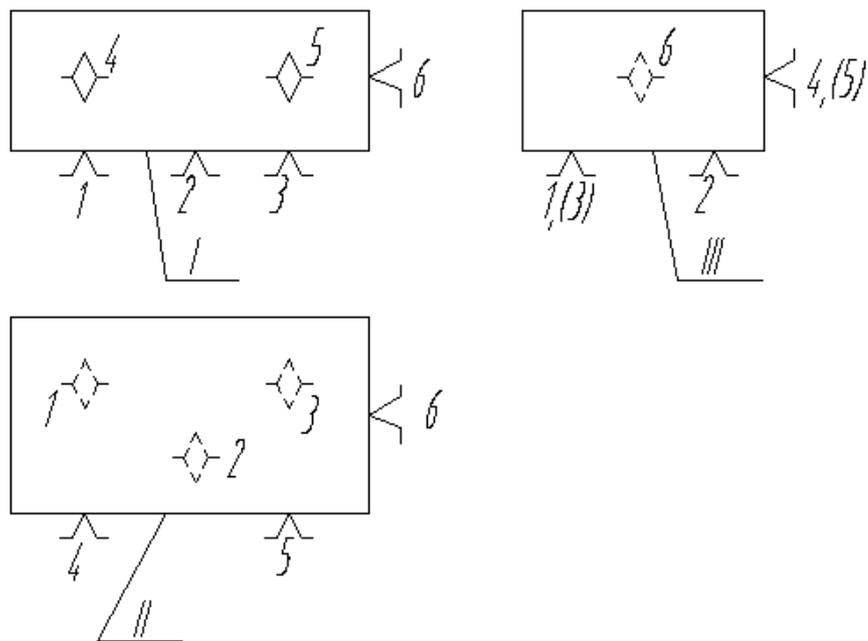


Рис. 6. Схема базирования призматической детали. *I, II, III* - базы детали; 1...6 - опорные точки

Все многообразие поверхностей деталей подразделяют на четыре вида:

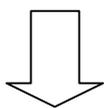
- 1) исполнительные поверхности - поверхности, при помощи которых деталь выполняет свое служебное назначение;
- 2) основные базы - поверхности, при помощи которых определяется положение данной детали в изделии;
- 3) вспомогательные базы - поверхности, при помощи которых определяется положение присоединяемых деталей относительно данной;
- 4) свободные поверхности - поверхности, не соприкасаемые с поверхностями других деталей.

Общая классификация баз имеет следующий вид:

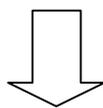
**A. По назначению:**      **Б. По лишаемым степеням**      **В. По характеру**

**свободы:**

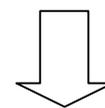
**проявления:**



конструкторская  
- основная  
- вспомогательная  
технологическая  
измерительная



установочная  
направляющая  
опорная  
двойная направляющая  
двойная опорная



скрытая  
явная

*Конструкторская база* - база, используемая для определения положения детали или сборочной единицы в изделии.

*Основная база* - конструкторская база, принадлежащая данной детали или сборочной единице и используемая для определения ее положения в изделии (рис. 7).

*Вспомогательная база* - конструкторская база, принадлежащая данной детали или сборочной единице и используемая для определения положения присоединяемого к ним изделия (рис. 8).

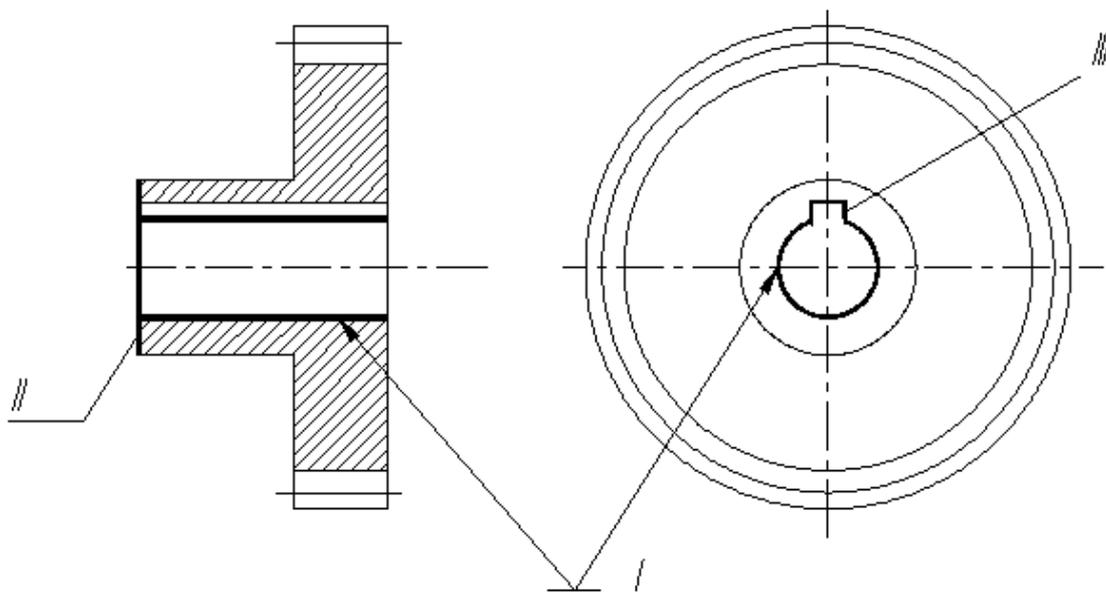


Рис. 7. Комплект основных баз шестерни. I, II, III – комплект баз

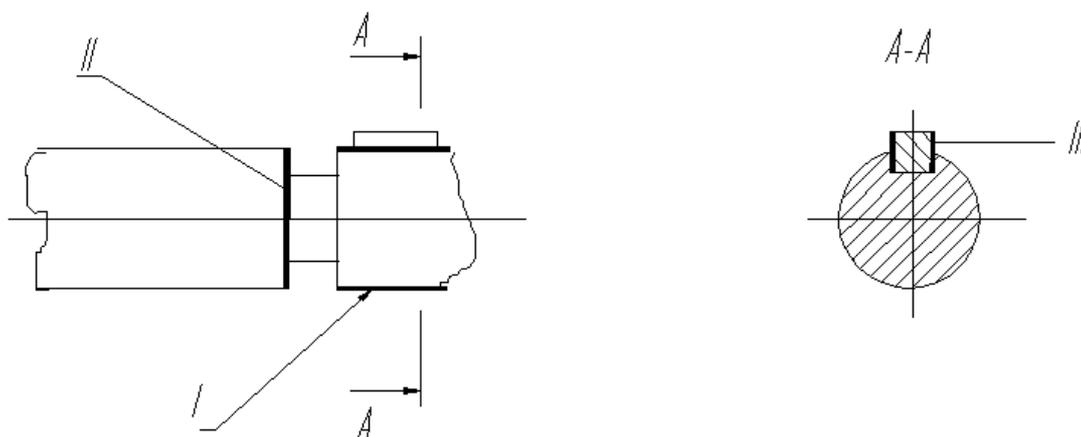


Рис. 8. Комплект вспомогательных баз вала со шпонкой.  
I, II, III - комплект баз

*Технологическая база* - база, используемая для определения положения заготовки или изделия в процессе изготовления или ремонта

*Измерительная база* - база, используемая для определения относительно-го положения заготовки или изделия и средств измерения, перемещения вдоль одной координатной оси и поворотов вокруг двух других осей.

*Направляющая база* - база, лишаящая заготовку или изделие двух степеней свободы - перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг другой оси.

*Опорная база* - база, лишаящая заготовку или изделие одной степени свободы - перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг оси.

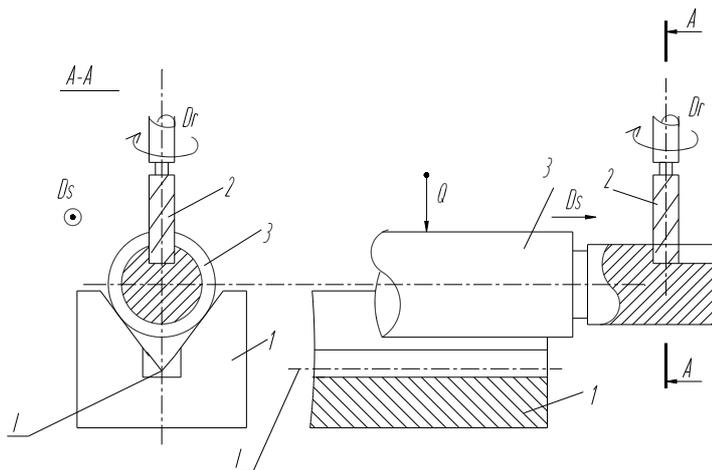


Рис. 9. Пример технологической базы вала. 1 - призма (элемент приспособления к фрезерному станку); 2 - шпоночная фреза; 3 - заготовка вала со шпоночным пазом

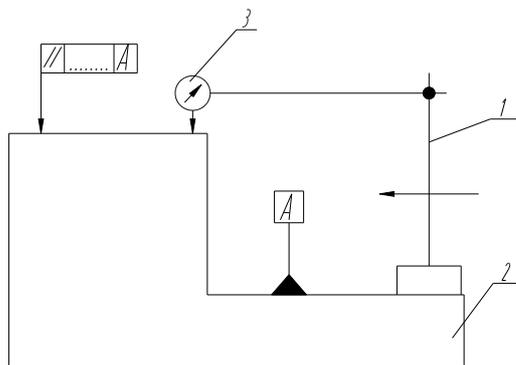


Рис. 10. Пример измерительной базы. 1 - индикаторная стойка; 2 – изделие; 3 - индикатор (средство измерения); A - измерительная база детали

*Установочная база* - база, лишаящая заготовку или изделие трех степеней свободы - перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг двух других осей.

*Двойная направляющая база* - база, лишаящая заготовку или изделие четырех степеней свободы - перемещений вдоль двух координатных осей и поворотов вокруг этих осей (рис. 11).

*Двойная опорная база* - база, лишаящая заготовку или изделие двух степеней свободы - перемещений вдоль двух координатных осей

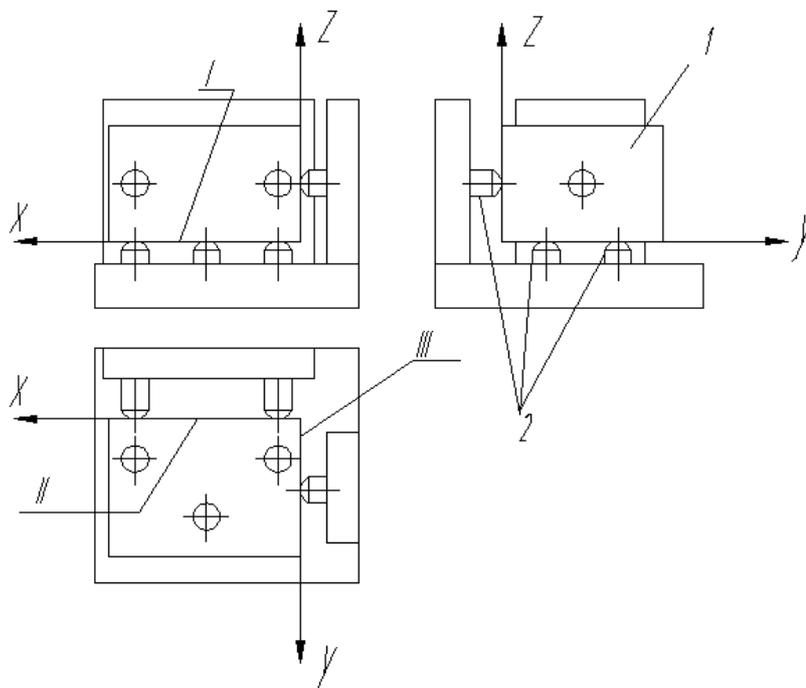


Рис. 11. Виды баз. *I* - установочная база заготовки, лишаящая ее перемещения вдоль оси *Z* и поворотов вокруг осей *X* и *Y*; *II* - направляющая база заготовки, лишаящая ее перемещения вдоль оси *Y* и поворота вокруг оси *Z*; *III* - опорная база заготовки, лишаящая ее перемещения вдоль оси *X*; *I* - заготовка; *2* - опоры приспособления

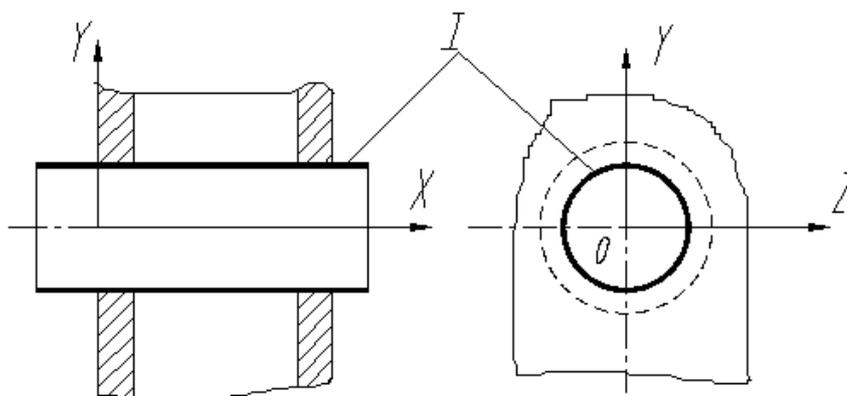


Рис. 12. Двойная направляющая база. *I* - двойная направляющая база детали, лишаящая ее перемещений вдоль осей *Y* и *Z* и поворотов вокруг осей *Y* и *Z*

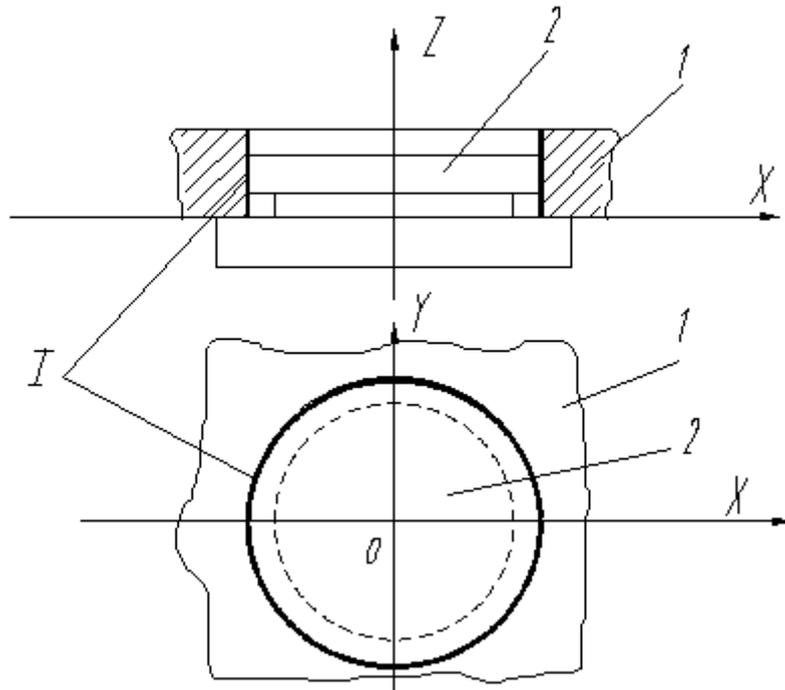


Рис. 13. Двойная опорная база. *I* - двойная опорная база заготовки, лишаящая ее перемещений вдоль осей  $X$  и  $Y$ ; *1* - заготовка; *2* - элемент приспособления

*Скрытая база* - база заготовки или изделия в виде воображаемой плоскости, оси или точки (рис. 14).

*Явная база* - база заготовки или изделия в виде реальной поверхности, разметочной риски или точки пересечения рисок.

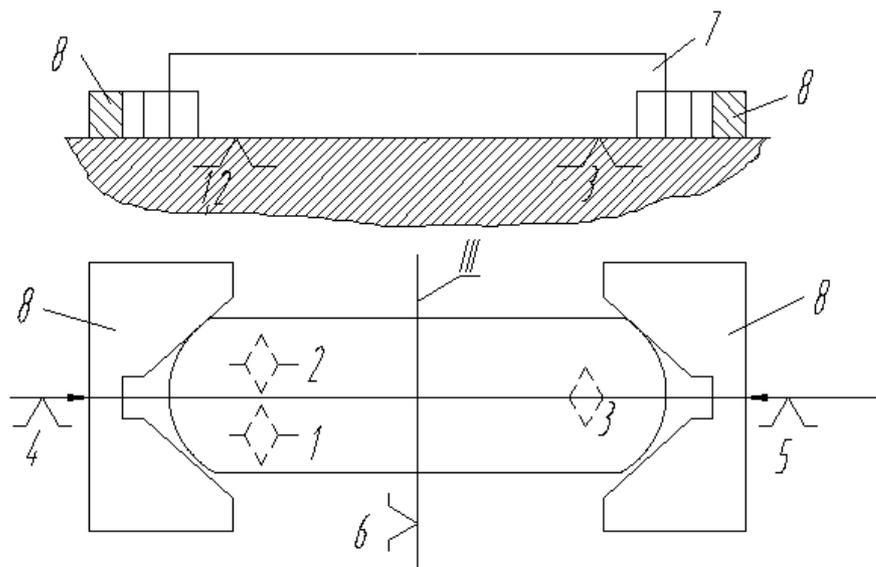


Рис. 14. Примеры скрытой и явной базы: *I* - установочная явная база заготовки; *II* - направляющая скрытая база заготовки; 1...6 - опорные точки; 7 - заготовка; 8 - губки самоцентрирующих тисков

### Порядок выполнения работы:

1. Изучить приведенные в методическом руководстве краткие теоретические сведения.
2. Изучить классификацию баз
3. Изучить способы реализации принципов базирования в приспособлениях
4. Заполнить таблицу

Тип базы	Число степеней свободы, которых база лишает заготовку	Практические способы реализации базы при конструировании приспособлений	Пример графического изображения базы на схемах базирования

5. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение степени свободы
2. Дайте определение комплекта баз
3. Назначение основной конструкторской базы
4. Назначение вспомогательной конструкторской базы
5. Назначение технологической базы
6. Назначение измерительной базы
7. В чем заключается принцип постоянства баз?

### Лабораторная работа №2

Тема: Методы выбора баз.

Цель работы: Изучить методику выбора баз для различных типов деталей. Изучить методику составления теоретических схем базирования заготовок в станочных приспособлениях.

Норма времени: 6 часов.

Используемые материалы: Методическое указание по выполнению практического задания. Раздаточный материал. Справочник технолога машиностроителя.

## Краткие теоретические сведения

Выбор установочных баз является ответственной работой, выполняемой при проектировании технологического процесса изготовления детали. Его производят в соответствии с правилами и учетом конкретных условий обработки.

Устанавливаемые в приспособление детали имеют различные базовые поверхности, в зависимости от их геометрической формы. Рассмотрим некоторые способы базирования заготовок в приспособлениях.

В «координатный угол» базируются заготовки, имеющие призматическую форму (рис. 15).

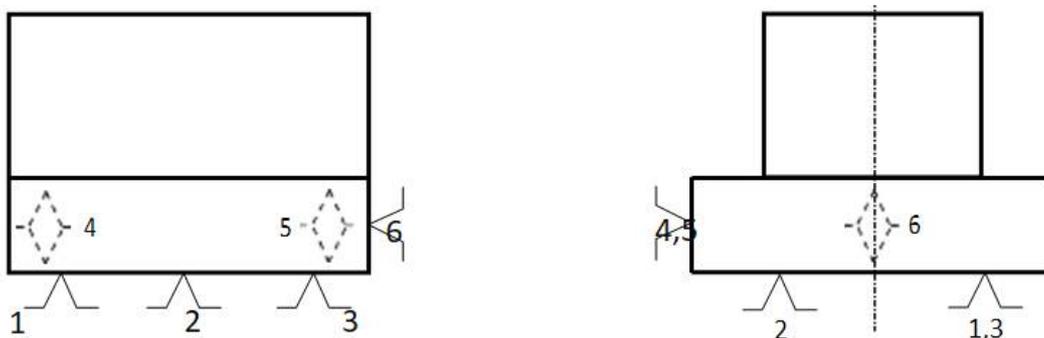


Рис. 15. Базирование призматической заготовки на черновой обработке

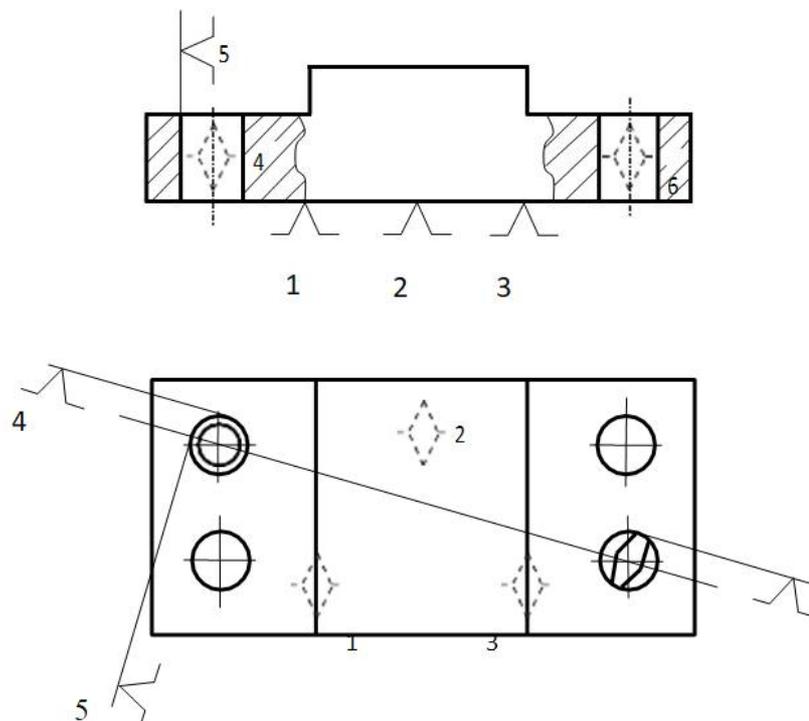


Рис. 16. Базирование заготовки по плоскости и двум отверстиям на последующих стадиях обработки

Заготовки деталей цилиндрической формы в зависимости от вида обработки могут базироваться в призму (рис. 17).

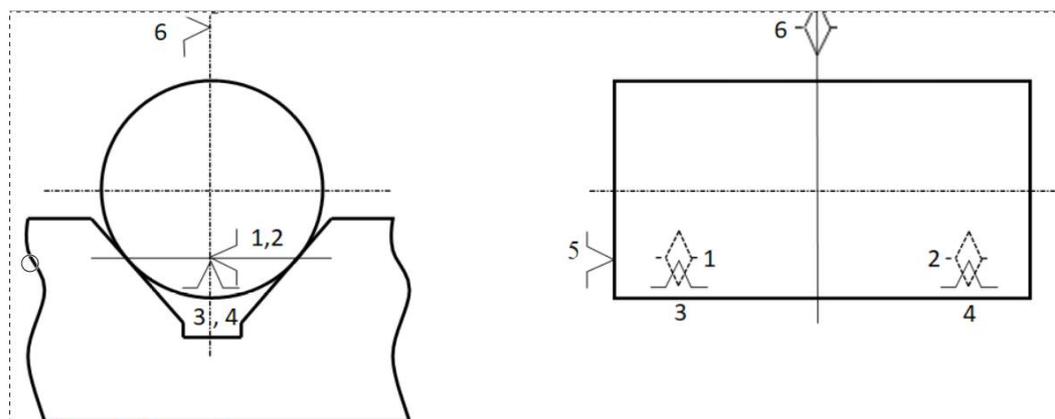


Рис. 17. Схема базирования заготовки в призму

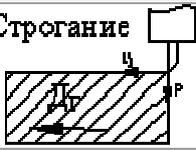
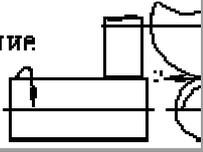
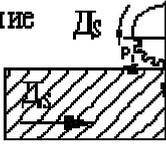
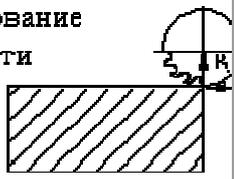
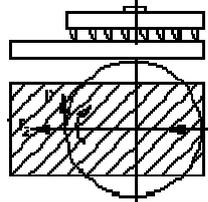
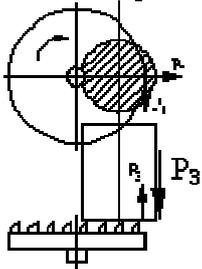
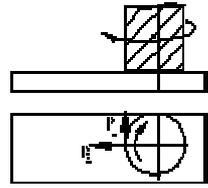
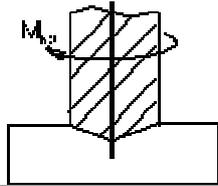
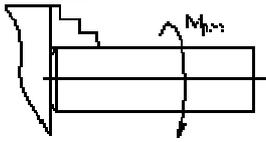
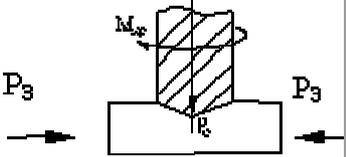
При обработке заготовки на нее действуют силы резания. Их величина, направление и место приложения могут изменяться в процессе обработки одной поверхности, влияя на положение заготовки в приспособлении. В табл. 1 показаны примеры действия сил и моментов резания для различных случаев обработки.

Порядок назначения баз при полной ориентации заготовки в приспособлении:

1. Назначение комплекта баз в зависимости от конфигурации обрабатываемой заготовки;
2. Выбор из назначенного комплекта той базы, которая лишает заготовку максимального числа степеней свободы;
3. Выбор числа, вида и места расположения опор для выбранной базы;
4. Определение степеней свободы, которых лишается заготовка с помощью выбранных опор;
5. Выбор числа, вида и места опор для второй базы из комплекта (эти опоры не должны дублировать назначение опор, выбранных ранее);
6. Определение степеней свободы, которых лишается заготовка с помощью опор, выбранных для второй базы;
7. Выбор числа, вида и места опор для третьей базы из комплекта (опоры для этой базы не должны дублировать назначение опор, выбранных ранее).

Таблица 1

Схемы действия сил и моментов резания для различных случаев обработки деталей

<p>Строгание</p> 	<p>Плоское шлифование</p> 
<p>Круглое шлифование</p> 	<p>Фрезерование плоскости</p> 
<p>Фрезерование плоскости</p> 	<p>Фрезерование плоскости</p> 
<p>Фрезерование торца вала</p> 	<p>Фрезерование плоскости</p> 
<p>Сверление</p> 	<p>Сверление</p> 
<p>Сверление</p> 	<p>Сверление</p> 

Кроме сил резания на заготовку действуют объемные силы (силы тяжести, центробежные, инерционные) и второстепенные.

Сила тяжести заготовки учитывается при установке на вертикальные или наклонные поверхности установочных элементов.

Центробежные силы возникают в процессе обработки при смещении центра тяжести заготовки относительно ее оси вращения.

Инерционные силы имеют значение, когда заготовка совершает возвратно-поступательное движение или вращается с большим угловым ускорением.

К второстепенным силам относятся силы, возникающие при отводе режущего инструмента (сверла, метчика, зенкера).

#### Определение вида опорных элементов и формы их рабочей поверхности

Опорные элементы имеют разнообразную конструкцию, которая зависит от формы базы и числа лишаемых степеней свободы. Они разделяются на основные и вспомогательные опоры. Кроме того, опоры бывают неподвижными, подвижными, плавающими и регулируемыми.

Основные опорные элементы характеризуются тем, что каждый из них реализует одну или несколько опорных точек для базирования заготовки. Будучи соответствующим образом размещенными в приспособлении, они образуют необходимую при выбранном способе базирования совокупность опорных точек. К основным опорам относятся: опорные штыри, пальцы, пластины, центры, призмы (ГОСТ 12193-12197, 12209-12216, 13440-13442, 4743), представленные на рис. 18.

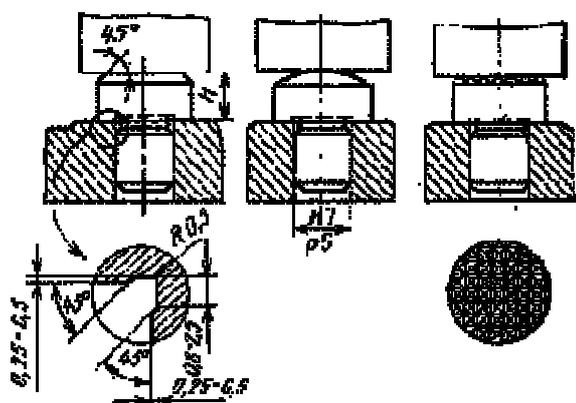


Рис. 18. Опорные штыри

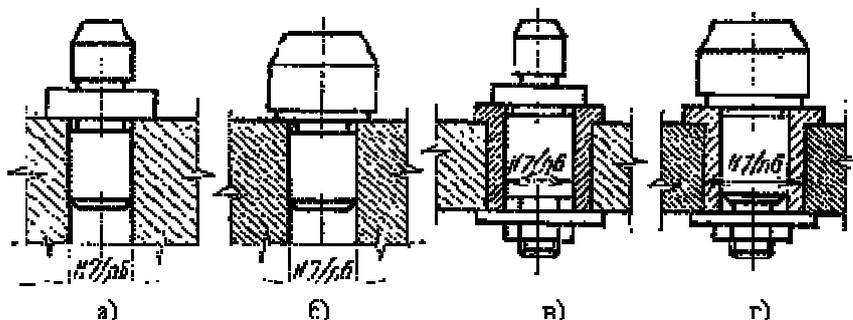


Рис. 19. Элементы для установки заготовок по наружным и внутренним цилиндрическим поверхностям: а, б, в, г – пальцы постоянные соответственно с буртом, без бурта и сменные с буртом и без бурта.

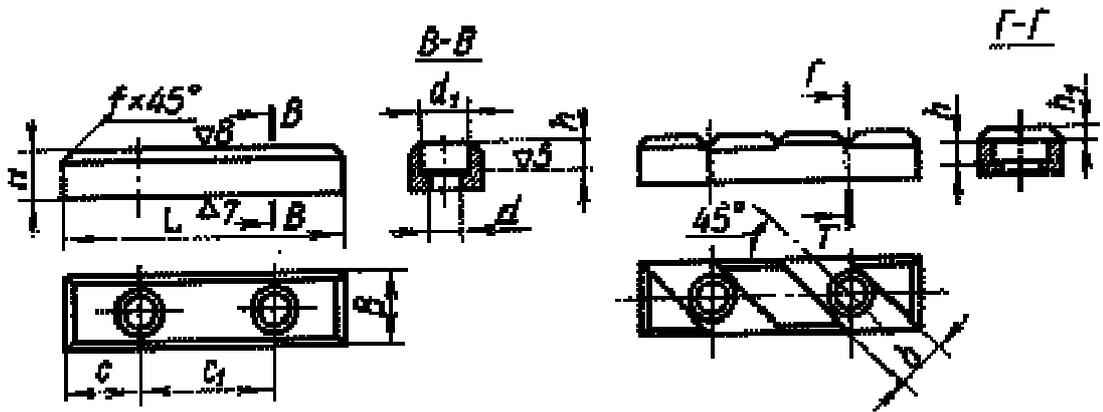


Рис. 20. Опорные пластины

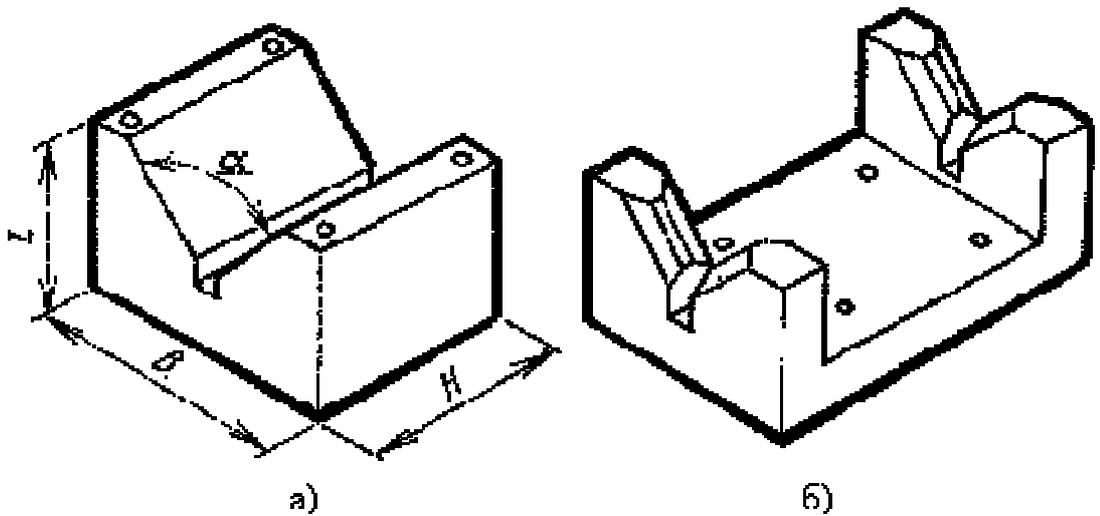


Рис. 21. Элементы для установки заготовок по наружным и внутренним цилиндрическим поверхностям: а, б – призмы широкая и узкая сдвоенная

Вспомогательные опорные элементы отличаются тем, что они подводятся к заготовке после того, как она получила необходимое базирование с помощью основных элементов. Такие опоры используются для увеличения числа точек контакта заготовки с приспособлением с целью повышения жесткости системы. К вспомогательным опорам относятся регулируемые и плавающие одиночные опоры, люнеты (ГОСТ 4084-4086, 4740).

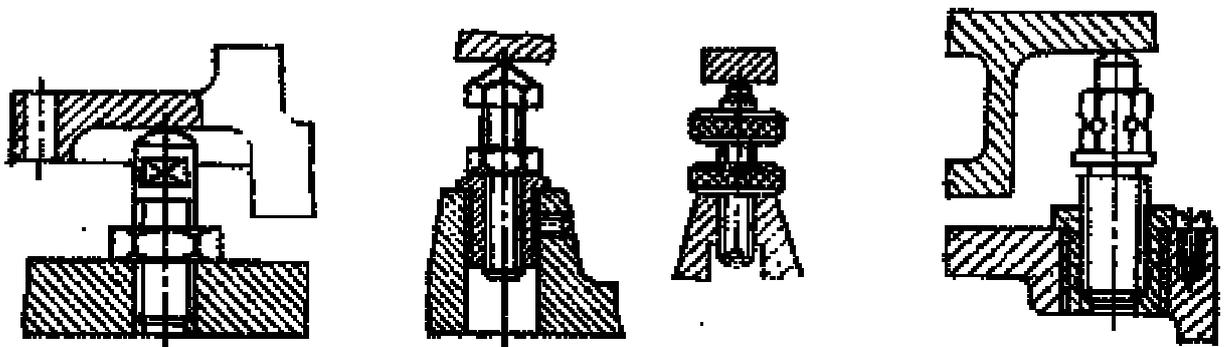


Рис. 22. Регулируемые винтовые опоры

Неподвижные опоры используют только в качестве основных. К ним относятся опорные штыри, пластины, призмы, центры.

Регулируемые опоры применяются в качестве основных и вспомогательных опор. Как основные они служат для установки заготовок необработанными поверхностями при больших изменениях припуска на механическую обработку, а также при выверке заготовок по разметочным рискам.

Плавающие опоры обычно применяют в качестве вспомогательных, но если заготовка имеет сложную форму и установить ее только на постоянные опоры трудно, то плавающие опоры можно применять в качестве основных.

К подвижным опорам относятся люнеты, призмы и т.п.

В табл. 3 показано графическое обозначение опор в технологической документации согласно ГОСТ 3.1107-81.

При установке заготовки на опорные элементы необходимо правильно выбрать форму рабочей поверхности опоры в зависимости от вида базовой плоскости заготовки и метода ее обработки.

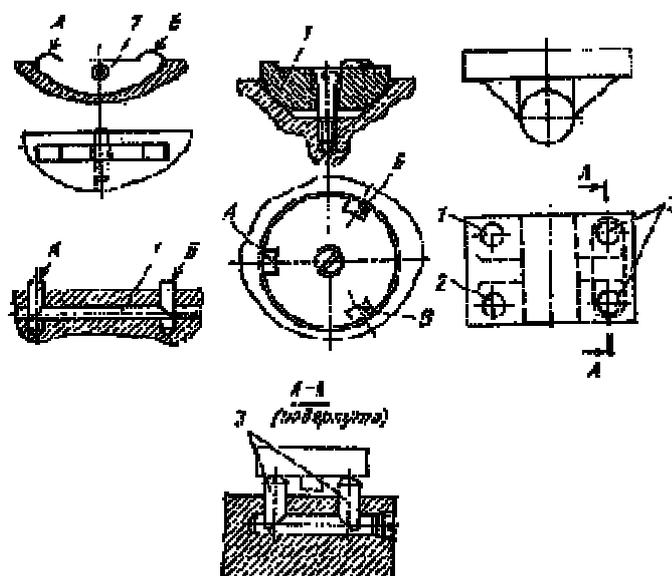


Рис. 23. Сблокированные и плавающие опоры

Таблица 2

Графическое обозначение опор

Наименование опоры	Обозначение опоры на видах		
	Спереди, сзади	Сверху	Снизу
1. Неподвижная			
2. Подвижная			
3. Плавающая			
4. Регулируемая			

Для выполнения базирования заготовки плоской базой в приспособлении необходимо иметь три опорные точки, расположенные в одной заданной плоскости, но не на одной прямой. Это достигается с помощью различных сочетаний основных опорных элементов: трех опорных штырей, двух опорных пластин, плоскостью опорного элемента.

Базирование с помощью трех опорных штырей применяется в основном, когда плоская главная база заготовки не обработана. В данном случае используют штыри с насеченной и сферической головками. Для установки заготовок с обработанными базами используют штыри с плоской головкой.

Базирование с помощью двух опорных пластин – наиболее распространенный способ ориентирования заготовок с обработанными базами. Две опорные пластины реализуют три опорные точки, поэтому базирование на две пластины полностью отвечает требованиям теоретической механики.

Базирование на плоскость опорного элемента используется только для ориентирования чисто и точно обработанных баз. Примером такого базирования является установка заготовок на плоскость магнитной плиты.

Для базирования заготовок, имеющих основную базу в виде обработанной цилиндрической поверхности, используют широкие опорные призмы, самоцентрирующие патроны, оправки, центры, цанги, гидропластные патроны, конуса.

Для базирования необработанных цилиндрических баз используют узкие призмы, трехкулачковые патроны.

В табл. 3 приведено графическое обозначение основных форм рабочей поверхности опорных элементов.

Для установки деталей типа тел вращения используются установочные устройства: центры, оправки и патроны. В табл. 4 показано графическое обозначение установочных устройств.

Таблица 3

Основные формы рабочей поверхности

Наименование формы рабочей поверхности	Обозначение формы рабочей поверхности на всех видах
1. Плоская	—
2. Сферическая	⊂
3. Цилиндрическая (шариковая)	⊙
4. Призматическая	⌋
5. Коническая	∨
6. Ромбическая	⊠
7. Треугольная	∇
8. Гребенчатая, резьбовая, шлицевая и т.д.	⌋

Обозначение установочных устройств

Наименование установочного устройства	Обозначение установочного устройства на видах		
	спереди, сзади, сверху, снизу	слева	справа
Центр неподвижный		без обознач.	Без обознач.
Центр вращающийся		— " —	— " —
Центр плавающий		— " —	— " —
Оправка цилиндрическая			
Оправка шариковая (роликовая)			
Патрон поводковый			
Патрон 3-х кулачковый			
Оправка цанговая			

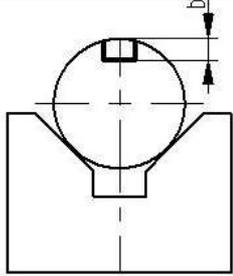
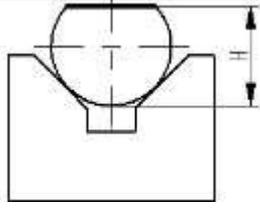
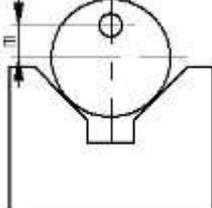
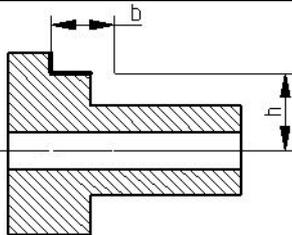
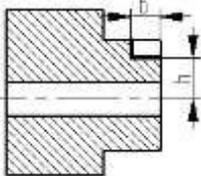
Порядок выполнения практической работы:

1. Изучить приведенные в методическом указании краткие теоретические сведения;
2. Подготовить ответы на контрольные вопросы к практической работе
3. Разработать теоретическую схему базирования для детали по варианту из таблицы 6, нарисовать эскиз разработанной схемы.
4. Для разработанной теоретической схемы базирования выбрать опорные элементы для приспособления.
5. Нарисовать эскиз схемы базирования с обозначением выбранных опор в соответствии с ГОСТ.

Контрольные вопросы к практической работе

1. Область применения схемы базирования в координатный угол
2. Область применения схемы базирования по плоскости и двум отверстиям
3. Область применения схемы базирования в трехкулачковом патроне
4. Область применения схемы базирования в центрах и поводковом патроне
5. Виды опор в станочных приспособлениях, назначение опор в станочных приспособлениях.

## Варианты задания к практической работе

<p>Вариант 1</p> <p>номер по списку группы 1,6,11,16,21</p>	<p>Фрезерование шпоночного паза на цилиндрической ступени вала</p>	
<p>Вариант 2</p> <p>номер по списку группы 2,7,12,17,22</p>	<p>Фрезерование лыски на цилиндрической ступени вала</p>	
<p>Вариант 3</p> <p>номер по списку группы 3,8,13,18,23</p>	<p>Сверление глухого отверстия на торцевой поверхности вала</p>	
<p>Вариант 4</p> <p>номер по списку группы 4,9,14,19,24</p>	<p>Точение цилиндрической ступени с подрезкой торцевой поверхности</p>	
<p>Вариант 5</p> <p>номер по списку группы 5,10,15,20,25</p>	<p>Точение цилиндрической ступени с подрезкой торцевой поверхности</p>	

### Лабораторная работа № 3

Тема: Изучение погрешности базирования для цилиндрических заготовок.

Цель работы: Изучить методику определения погрешности базирования цилиндрических заготовок в станочных приспособлениях при различных схемах установки.

Норма времени: 6 часов.

Используемые материалы: Методическое указание по выполнению практического задания. Раздаточный материал. Справочник технолога машиностроителя.

#### Краткие теоретические сведения

Вследствие того, что при изготовлении деталей на различных операциях имеют место погрешности обработки, при установке этих деталей в приспособление на последующих операциях также будут возникать погрешности, называемые погрешностями базирования.

Погрешность базирования ( $\varepsilon_{\text{баз.}}$ ) – отклонение фактического положения заготовки, достигнутого при не совмещении измерительной и технологической баз заготовки.

Погрешность базирования определяется расстоянием между двумя крайними положениями базы, измеренном в направлении обрабатываемого размера.

Разрабатывая вопрос об установке детали решают, каких степеней свободы надо лишить деталь с помощью установочных элементов приспособления для получения заданных чертежом размеров.

Для обеспечения устойчивого положения заготовки в приспособлении:

1. Расстояние между опорами следует выбирать большим, т.к. в этом случае уменьшается влияние погрешности формы базовых поверхностей на положение заготовки в приспособлении.

2. При установке заготовки на опоры не должен возникать опрокидывающий момент.

Закрепление заготовки осуществляется одной силой (например  $W_1$ ), вызывающей возникновение силы трения между нижней базой и опорами, что препятствует смещению заготовки в остальных направлениях. Опоры имеют ограниченную поверхность контакта и жестко закреплены в корпусе приспособления.

Для того, чтобы определить положение валика в пространстве, необходимо задать пять жестких связей, которые лишают его пяти степеней свободы: возможности перемещаться в направлении осей  $OX$ ,  $OY$  и  $OZ$  и вращаться вокруг осей  $OX$  и  $OZ$ . Шестая степень свободы – вращение вокруг собственной оси – остается свободной.

Поверхность детали, несущая три опорные точки называется главной базирующей поверхностью; боковая поверхность с 2-мя опорными точкам – направляющей, торцевая с одной опорной точкой – опорной. Цилиндрическая поверхность валика, несущая 4 опорные точки, называется двойной направляющей поверхностью. Торцевая поверхность валика является опорной базой.

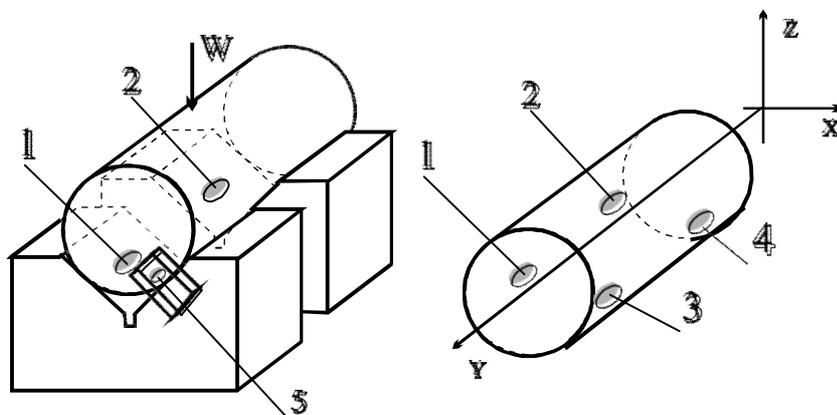


Рис. 24. Схема базирования заготовки

При обработке недостаточно жестких заготовок возникает необходимость увеличения числа опорных точек сверх шести. При установке прямоугольной заготовки с длинным кронштейном, у которого обрабатываются торцы бобышек применяется индивидуально подводимая опора 1, к которой заготовка прижимается силой  $W'$ . Это повышает жесткость технологической системы, позволяя использовать более производительные режимы резания.

Дополнительные опоры выполняют только регулируемые или самоустанавливающимися. При установке заготовки опоры индивидуально подводятся (самоустанавливаются) к поверхности заготовки, а затем стопорятся, превращаясь на время выполнения данной операции в жесткие опоры. Число дополнительных опор не ограничено, однако для упрощения конструкции приспособления их число следует брать минимальным.

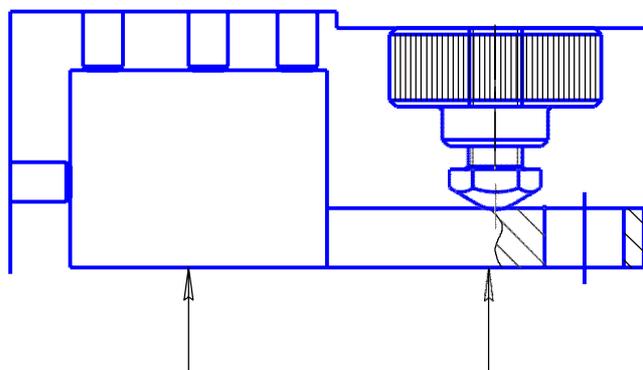


Рис. 25. Приложение сил

Погрешность установки – отклонение фактически достигнутого положения заготовки или изделия при установке от требуемого.

Погрешность установки  $\varepsilon_y$ , как одна из составляющих общей погрешности выполняемого размера суммируется из погрешностей базирования  $\varepsilon_б$ , закрепления  $\varepsilon_з$  и погрешностей заготовки, вызванных неточностью приспособления  $\Delta_{пр}$ . По своему физическому смыслу величина  $\varepsilon_y$  выражает погрешность положения заготовки.

Так как величины  $\varepsilon_б$ ,  $\varepsilon_з$ ,  $\Delta_{пр}$  представляют собой поле рассеяния случайных величин, то общая погрешность установки определяется как:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_б^2 + \varepsilon_з^2 + \Delta_{пр}^2}$$

Базирование (по ГОСТ 21495-76) – придание заготовке или изделию требуемого положения относительно системы координат.

Погрешность базирования – отклонение фактически достигнутого положения заготовки или изделия при базировании от требуемого.

Погрешность базирования имеет место при несовмещении технологической и измерительной базы заготовок.

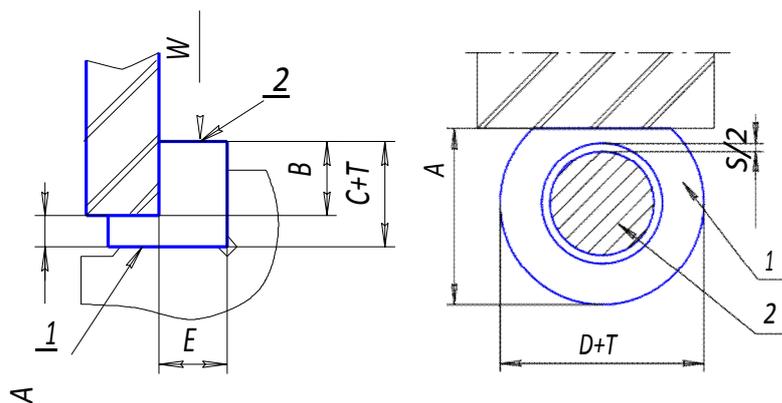


Рис. 26. Установка детали

При данной установке (рис. 26) погрешность базирования для размера А равна 0, т.е.  $\varepsilon_{бА} = 0$ . (технологическая и измерительная базы совмещены в плоскости 1), а погрешность базирования для размера В равна допуску на размер С, т.е.  $\varepsilon_{бВ} = T$  (технологическая база 1 не совмещена с измерительной 2).

При установке заготовки на цилиндрический палец (рис.26) базовым отверстием различаются два случая. При посадке без зазора (разжимная оправка) погрешность базирования для размера А равна половине допуска на диаметр заготовки:

$$\varepsilon_{бА} = T/2$$

При наличии зазора (жесткий палец) погрешность базирования для этого же размера возрастает на величину предельного изменения диаметрального зазора:

$$\varepsilon_{\delta A} = T/2 + S$$

Для уменьшения или исключения погрешности базирования следует совмещать технологические и измерительные базы, выбирать рациональные размеры и расположение установочных элементов, устранять или уменьшать зазоры при посадке заготовки на охватываемые и охватывающие установочные элементы.

Погрешность закрепления заготовки представляет собой разность между наибольшей и наименьшей величиной проекций смещения измерительной базы на направление выполняемого размера при приложении к заготовке силы закрепления. Для партии заготовок погрешность закрепления равна нулю, если величина смещения постоянна. Согласно определению:

$$\varepsilon_z = (y_{\max} - y_{\min}) \cdot \cos \alpha,$$

где  $\alpha$  - угол между направлением выполняемого размера и направлением смещения измерительной базы.

Погрешность закрепления  $\varepsilon_z$  для размеров А и В (рис. 26) не равна 0 ( $\alpha = 0$ ), а для размера Е:  $\varepsilon_{zE} = 0$ , т.к. боковая (измерительная) база перемещается при зажиме заготовки в собственной плоскости ( $\alpha = 90^\circ$ ).

Погрешность закрепления, как и погрешность базирования не влияет на точность диаметров и размеров, связывающих обрабатываемые при данном установе поверхности, а также на точность формы обрабатываемых поверхностей.

Примеры значений погрешностей закрепления для некоторых типовых приспособлений:

- $\varepsilon_z$  в тисках – 0,05 – 0,2 мм;
- прихватами – 0,01 – 0,2 мм;
- в кулачковом патроне – 0,04 – 0,1 мм;
- в цанговом патроне – 0,02 – 0,1 мм.

Погрешность закрепления определяется по справочным таблицам, исходя из вида поверхности заготовки, формы заготовки и способа ее закрепление на станочном приспособлении.

Таблица 6

## Погрешность закрепления заготовок при установке

**Погрешность закрепления заготовок  $\epsilon$ , при установке на опорные пластины, мкм**

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовок, мм							
	10...18	18...30	30...50	50...80	80...120	120...180	180...260	
<i>Установка в приспособление с винтовыми или эксцентриковыми зажимами</i>								
Полученная литьем:								
в песчаную форму машинной формовки по металлической модели	100	110	120	135	150	175	200	
в постоянную форму по выплавляемой модели	60	70	80	90	100	110	120	
под давлением	50	60	70	80	90	100	110	
Полученная горячей штамповкой	40	50	60	70	80	90	100	
Горячекатаная	100	110	120	135	150	175	200	
Предварительно обработанная	50	60	70	80	90	100	110	
Окончательно обработанная	40	50	60	70	80	90	100	
Шлифованная	25	30	35	45	60	70	80	
<i>Установка в зажимное приспособление с пневматическим зажимом</i>								
Полученная литьем:								
в песчаную форму машинной формовки по металлической модели	80	90	100	110	120	140	160	
в постоянную форму по выплавляемой модели	55	60	65	70	80	90	100	
под давлением	40	50	55	60	70	80	90	
Полученная горячей штамповкой	30	35	40	50	60	70	80	
Горячекатаная	80	90	100	110	120	140	160	
Предварительно обработанная	80	90	100	110	120	140	160	
Окончательно обработанная	40	50	55	60	70	80	90	
Шлифованная	30	35	40	50	60	70	80	
Шлифованная	15	20	25	30	35	40	45	

Примечания: 1. Установка на магнитной плите не исключает погрешности закрепления.  
2. Поперечный размер заготовки необходимо принимать наибольшим в сечении по нормали к обрабатываемой поверхности.  
3. Погрешность закрепления дана в таблице по нормали к обрабатываемой поверхности.

Таблица 7

## Погрешность закрепления заготовок в осевом направлении

**Погрешность закрепления заготовок  $\epsilon$ , при установке в осевом направлении для обработки на станках, мкм**

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовок, мм							
	10...18	18...30	30...50	50...80	80...120	120...180	180...260	
<i>Установка на цанговой оправке</i>								
Предварительно обработанная	20	30	40	50	60	70	—	
<i>Установка в зажимной гильзе (цанге) по упору</i>								
Холоднотянутая калиброванная	40	50	60	70	80	—	—	
Предварительно обработанная	30	40	50	60	70	—	—	
Окончательно обработанная точением	25	30	35	40	—	—	—	
<i>Установка в трехкулачковом самоцентрирующем патроне с ручным приводом</i>								
Полученная литьем:								
в песчаную форму машинной формовки по металлической модели	80	90	100	110	120	130	140	
в постоянную форму по выплавляемой модели	70	80	90	100	110	120	130	
под давлением	60	70	80	90	100	110	120	
Полученная горячей штамповкой	40	50	60	70	80	90	100	
Горячекатаная	80	90	100	110	120	130	140	
Предварительно обработанная	110	140	170	200	230	260	—	
Окончательно обработанная точением	50	60	70	80	90	100	110	
Шлифованная	30	40	50	60	70	80	90	
Шлифованная	15	15	20	20	25	25	30	

Примечания: 1. При установке на оправку надо учитывать погрешность базирования и принимать погрешность закрепления в зависимости от крепления оправки в гильзе, патроне или зажимном приспособлении.  
2. Установка в центрах не исключает погрешности закрепления, но при этом возникает погрешность базирования в осевом направлении.

$\Delta_{пр}$  – погрешность положения заготовки, зависящая от приспособления.

$$\Delta_{пр} = \varepsilon_{пр} + \varepsilon_{ус} + \varepsilon_{и}$$

где  $\varepsilon_{пр}$  – погрешность изготовления приспособления по выбранному параметру, зависящая от погрешности изготовления и сборки установочных и др. элементов приспособления.

$\varepsilon_{ус}$  – погрешность установки приспособления на станке (допустимая величина  $\varepsilon_{ус} = 0,005 - 0,02$  мм).

$\varepsilon_{и}$  – погрешность положения заготовки, возникающая в результате изнашивания элементов приспособления. Эта величина зависит от программы выпуска изделий, их конструкции и размеров, материала и массы заготовки, состояния ее базовой поверхности.

Погрешность при обработке плоскостных заготовок, а также торцовых поверхностей (уступов) тел вращения и при получении линейных размеров погрешности базирования, закрепления и приспособления являются векторами, лежащими на одной прямой и суммируются арифметически:

$$\varepsilon_{у} = \varepsilon_{б} + \varepsilon_{з} + \Delta_{пр}$$

Установка деталей на наружную цилиндрическую поверхность.

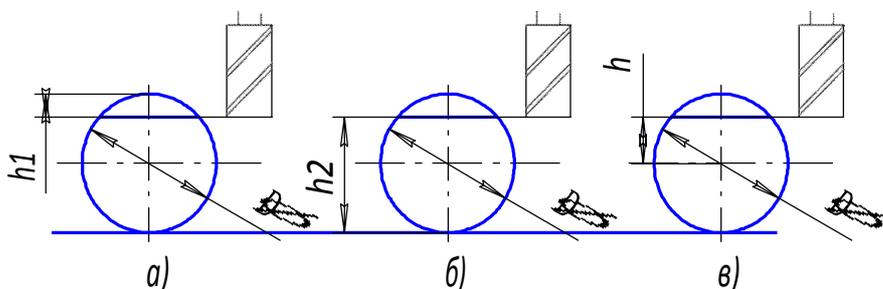


Рис. 27. Установка цилиндрических деталей

При установке валика в призму погрешность базирования будет зависеть от угла призмы  $\alpha$  и допуска на диаметр  $D$ .

Предположим, что на призму поочередно установили два вала из партии: один с диаметром  $D_{max}$ , другой с  $D_{min}$ . Определим:

- расстояние  $\Delta h_1$  между верхними образующими валов;
- расстояние  $\Delta h_2$  между нижними образующими валов;
- расстояние  $\Delta h$  между их осями.

Эти расстояния и будут погрешностями базирования соответствующих способов установки.

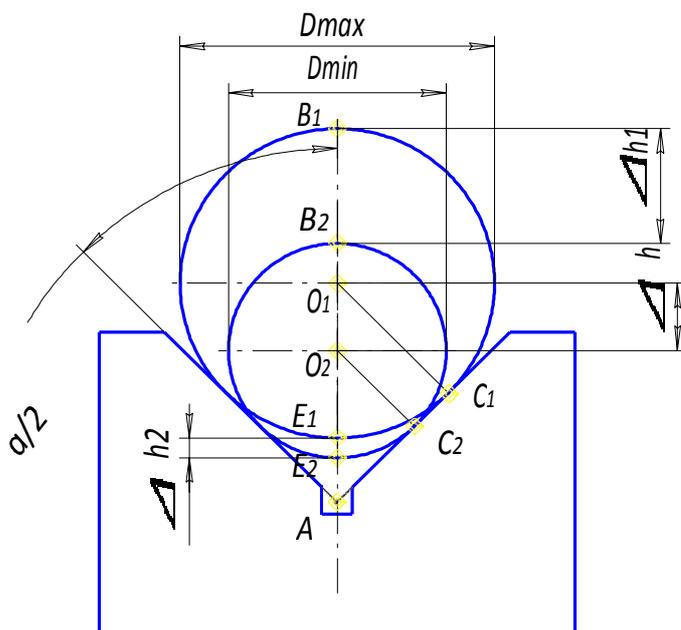


Рис. 28. Базирование в призмах

При угле призмы  $\alpha = 90^\circ$  погрешность базирования будет:

$$\varepsilon_{h1} = 1.21T$$

$$\varepsilon_{h2} = 0.21T$$

$$\varepsilon_h = 0.7T$$

При установке по схемам, показанным на рис. 26 ( $\alpha = 180^\circ$ ) погрешности базирования будут:

$$\varepsilon_{h1} = T$$

$$\varepsilon_{h2} = 0$$

$$\varepsilon_h = 0.5T$$

Таким образом, наименьшая погрешность базирования возникает при выполнении обработки по схеме рис. 28.

Погрешность базирования при установке на призму.

Рассмотрим схему установки вала диаметром  $d$  в призме при фрезеровании паза, размер которого задан отразличных конструкторских баз.

Варианты фрезерной обработки при установке на призмах при несовпадении измерительной и технологической баз.

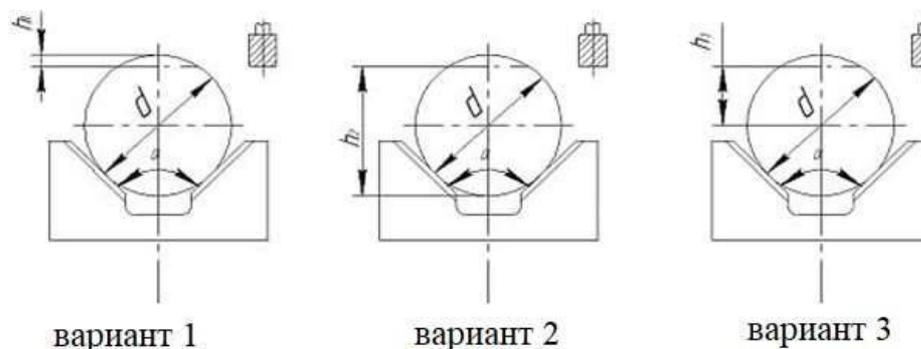


Рис. 29. Варианты базирования в призмах

Во всех случаях вал устанавливают по вспомогательной базе и, таким образом, погрешность базирования неизбежна и зависит от допуска на диаметр вала  $d$  и угла призмы  $\alpha$ .

Для расчета погрешностей базирования предположим, что на призме установлен вал с наибольшим предельным диаметром  $d_{max}$  и наименьшим предельным диаметром  $d_{min}$ ; тогда величина  $h_1$ ,  $h_2$ ;  $h_3$  из геометрических построений будет характеризовать величину погрешности базирования для каждой схемы соответственно.

$$\mathcal{E}_{баз.1} = h_1 = K_1 \times T_d$$

$$\mathcal{E}_{баз.2} = h_2 = K_2 \times T_d$$

$$\mathcal{E}_{баз.3} = h_3 = K_3 \times T_d$$

Числовые значения коэффициентов в зависимости от угла призмы приведены в таблице.

Коэффициент	60°	90°	120°	180°
$K_1$	1,5	1,21	1,07	1
$K_2$	0,5	0,2	0,08	-
$K_3$	1	0,7	0,58	0,5

Иногда для обработки применяют самоцентрирующиеся призмы. Основное преимущество их состоит в том, что при установке в них детали погрешность базирования равна 0.

#### Порядок выполнения работы

1. Изучить краткие теоретические сведения, приведенные в методическом руководстве.
2. Подготовить ответы на контрольные вопросы.
3. Используя методику ГОСТ ЕСДП рассчитать допуск на размер цилиндрической заготовки по варианту задания.
4. Построить эскиз с полем допуска размера цилиндрической заготовки.
5. Выполнить подробный расчет погрешности базирования цилиндрической заготовки в призмах в соответствии с вариантом задания.

#### Варианты задания

№ варианта	Номинальный диаметр цилиндра, мм	Вариант обработки	Поверхность заготовки	Допуск на диаметр
1,11,21	20	1	Предварительно обработанная	d7
2,12,22	50	2	Холодно катанная	e8
3,13,23	75	3	Горячекатанная	g5
4,14,24,	115	1	Полученная литьем в песчаную форму	e8
5,15,25	60	2	Полученная литьем в постоянную форму	f7
6,16	65	3	Предварительно обработанная	d6
7,17	43	1	Холодно катанная	e7
8,18	52	2	Горячекатанная	g6
9,19	185	3	Полученная литьем в песчаную форму	e8
10,20	205	1	Полученная литьем в постоянную форму	f7

#### Контрольные вопросы

1. Дайте определение погрешности базирования.
2. Слагаемые, определяющие величину погрешности базирования.
3. Правило совмещения конструкторской, технологической и измерительной базы и его влияние на величину погрешности базирования.
4. Взаимосвязь допуска на размер закрепляемой заготовки и погрешности базирования.
5. Влияние угла призмы на погрешность базирования цилиндрической детали.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васькин, К.Я. Станочные приспособления: электронное учеб. пособие / К.Я. Васькин. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2015.
2. Станочные приспособления. В 2-х т. Автор: Вардашкин Б.Н. Издательство: Машиностроение Год: 1984 2 тома.
3. Болотин Х.Л., Костромин Ф.П. Станочные приспособления. 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1973. –344 с.
4. Схиртладзе А.Г., Матвеев А.И., Новиков Ю.В. Станочные приспособления. Альбом. Тверской государственный технический университет, 1999 -214с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Общие положения и указания к лабораторным работам студентов.....	3
Лабораторная работа № 1.....	4
Лабораторная работа № 2.....	12
Лабораторная работа № 3.....	22
Библиографический список.....	31

# **УСТАНОВОЧНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ СТАНКОВ И СТАНОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению лабораторных работ для студентов  
направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое  
обеспечение машиностроительных производств»  
(профиль «Металлообрабатывающие станки и комплексы»)  
всех форм обучения

### **Составитель**

**Кондратьев Михаил Вячеславович**

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 26.05.2022.

Уч.-изд. л. 1,7.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»  
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84