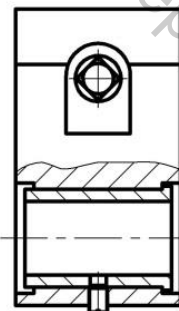
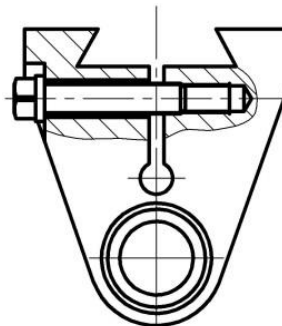
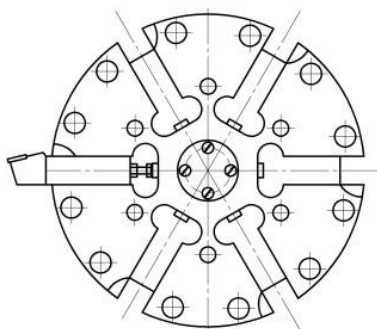
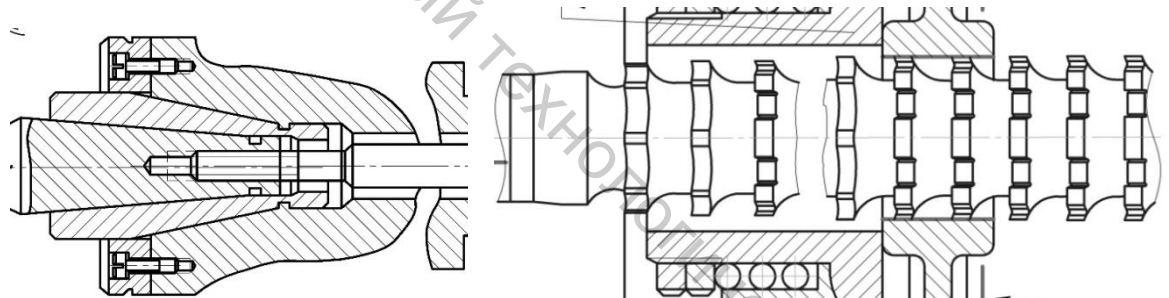


В.А. ГОРОХОВ    Н.В.БЕЛЯКОВ

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАЛАДОК И ЦИКЛОГРАММ



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**В.А. ГОРОХОВ Н.В. БЕЛЯКОВ**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ**  
**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАЛАДОК И**  
**ЦИКЛОГРАММ**  
**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

*Рекомендовано УМО ВУЗов Республики Беларусь по образованию в области автоматизации технологических процессов, производств и управления в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям: «Технология, оборудование и автоматизация производств», «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»*

**Витебск**  
**2015**

**УДК 621.9(075.8)**

**ББК 34.42**

**Г67**

Рецензенты:

профессор кафедры технологии машиностроения Белорусского национального технического университета, доктор технических наук Каштальян И.А.;

заведующий кафедрой материаловедения и технологии материалов Белорусского государственного технологического университета, кандидат технических наук, доцент Куис Д.В.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ», протокол №5 от «28» мая 2015г.

**Г67**      **Горохов В. А. Проектирование технологических наладок и циклограмм** / В. А. Горохов, Н. В. Беляков; УО «ВГТУ». – Витебск, 2016. – 234 с.

ISBN978-985-481-397-4

В учебном пособии изложены методологические принципы проектирования технологических наладок металлорежущих станков для выполнения операций механической обработки заготовок, основанные на классификации рабочих органов станков с позиций базирования.

Приведены примеры проектирования схем наладок на токарную, фрезерную, сверлильную кругло- и плоскошлифовальную операции, выполняемые на станках с ручным управлением, которые могут быть распространены и на станки с ЧПУ, а также технологических циклограмм.

Отражены типовые технологические наладки механической обработки заготовок различных деталей практически на всех существующих в машиностроении операциях в условиях различных производств.

Учебное пособие предназначено для студентов машиностроительных специальностей ВУЗов и будет полезно для ИТР машиностроительных заводов.

**УДК 621.9(075.8)**

**ББК 34.42**

ISBN978-985-481-397-4

© УО «ВГТУ», 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	6
<b>1 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ. ТЕОРИЯ БАЗИРОВАНИЯ</b> .....	7
1.1 Основные понятия.....	7
1.2 Реальное базирование.....	12
1.3 Проектное базирование.....	15
1.3.1 Конструкторская и технологическая проектные базы. Комплект баз ориентации.....	15
1.3.2 Понятие теоретических схем базирования и установки. Настраечная база.....	25
1.4 Размерная настройка.....	39
1.5 Синтез схем базирования и установки.....	44
1.5.1 Проектирование схем базирования.....	44
1.5.2 Проектирование схем установки.....	49
1.6 Погрешность теоретической схемы установки.....	52
<b>2 СПОСОБЫ БАЗИРОВАНИЯ И ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ</b> .....	65
2.1 Базовые поверхности станков и их использование для установки заготовок.....	65
2.2 Виды вспомогательных баз рабочих органов для установки заготовок на станках токарной группы.....	66
2.2.1 Разновидности шпинделей токарных станков.....	66
2.2.2 Фланцевые шпиндели токарных станков.....	70
2.2.3 Шпиндели токарных станков с резьбовыми базами.....	74
2.2.4 Шпиндели токарных одно- и многошпиндельных прутковых автоматов.....	75
2.2.5 Шпиндели токарных одно- и многошпиндельных горизонтальных полуавтоматов.....	75
2.2.6 Шпиндели токарно-карусельных станков.....	76
2.3 Виды базовых поверхностей рабочих органов для установки заготовок на станках шлифовальной группы.....	79
2.3.1 Особенности шлифовальных станков для обработки цилиндрических и резьбовых поверхностей.....	79
2.3.2 Фланцевые шпиндели круглошлифовальных станков.....	79
2.3.3 Шпиндели внутришлифовальных и универсальных круглошлифовальных станков.....	81
2.4 Рабочие органы (столы) для установки заготовок карусельно- и зубофрезерных полуавтоматов.....	85
2.5 Рабочие органы (столы) станков с линейно-круговыми движениями подач.....	87
2.5.1 Столы станков с линейными движениями подач.....	87
2.5.2 Столы станков с линейными и круговыми движениями подач....	89

<b>3 СПОСОБЫ БАЗИРОВАНИЯ И ЗАКРЕПЛЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ НА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ.....</b>	<b>91</b>
3.1 Структура приспособлений для установки инструментов. Инструменты с внутренними базами.....	91
3.2 Инструменты с призматическими корпусами.....	92
3.2.1 Токарные резцы.....	93
3.2.2 Расточные резцы и резцовые вставки.....	97
3.2.3 Инструменты с осесимметричными корпусами (хвостовиками)...	98
3.3 Базы инструментальных рабочих органов металлорежущих станков	98
3.3.1 Токарные станки.....	98
3.3.2 Сверлильные станки.....	103
3.3.3 Расточные станки.....	108
3.3.4 Фрезерные станки.....	108
3.3.5 Шлифовальные станки.....	111
<b>4 КОМПЛЕКТОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ОСНАСТКИ.....</b>	<b>116</b>
<b>5 РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СХЕМ НАЛАДОК.....</b>	<b>121</b>
5.1 Пути исключения интерференции при проектировании наладок.....	121
5.2 Проектирование наладок на токарную обработку.....	122
5.3 Проектирование наладки на фрезерную операцию.....	128
5.4 Проектирование наладок на сверлильную обработку.....	132
5.4.1 Исходные сведения для проектирования наладок.....	132
5.4.2 Проектирование наладок вертикально-сверлильных станков с цилиндрическими базами шпинделей (тип «К».).....	134
5.4.3 Проектирование наладок сверлильных с базами шпинделей по ГОСТ 22557-2006 (тип G).....	147
5.5 Проектирование наладок на шлифовальные операции.....	149
5.5.1 Особенности оборудования и способы шлифования различных поверхностей заготовок.....	149
5.5.2 Проектирование наладок на операцию шлифования заготовки детали класса «Втулка».....	152
5.5.3 Проектирование наладки на круглошлифовальную операцию заготовки детали класса «Вал».....	154
5.5.4 Проектирование наладки на плоскошлифовальную операцию....	160
<b>6 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЦИКЛОГРАММ.....</b>	<b>164</b>
<b>ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ.....</b>	<b>173</b>
<b>Приложение А. Числовые значения неуказанных допусков перпендикулярности, соосности и симметричности.....</b>	<b>176</b>
<b>Приложение Б. Установочные элементы.....</b>	<b>178</b>
<b>Приложение В. Алгоритмы назначения вида компонентов комплекта технологических баз.....</b>	<b>181</b>
<b>Приложение Г. Таблица сокращения вариантов технических решений.....</b>	<b>194</b>
<b>Приложение Д. Примеры схем базирования.....</b>	<b>196</b>

<b>Приложение Е. Типовые наладки (рабочие зоны станков) механической обработки заготовок разных деталей на различных операциях.....</b>	<b>207</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....</b>	<b>233</b>

Витебский государственный технологический университет

## ВВЕДЕНИЕ

Инженер по специальности «Технология машиностроения» и другим машиностроительным специальностям обязан решать целый круг как теоретических, так и практических задач, основной целью которых является проектирование оптимальных высокоэффективных по техническим и экономическим параметрам технологических процессов для производства различных видов изделий машиностроительного профиля.

Стадия внедрения технологического процесса, например механической обработки, включает в себя достаточно большое количество действий различных специалистов предприятия:

- приобретение новых унифицированных (по государственным и отраслевым стандартам, техническим условиям изготовителей и т.п.) инструментов, приспособлений и средств контроля, а также стандартного оборудования общемашиностроительного применения;
- проектирование и изготовление специальных инструментов, приспособлений, средств контроля и оборудования;
- при необходимости реконструкция участков производства (новая планировка, демонтаж, модернизация и монтаж оборудования и т.п.);
- установка технологической оснастки на оборудование и настройка его на заданные технологическим процессом режимы и наладочные размеры;
- изготовление опытных партий деталей, в ходе которого производится корректировка технологического процесса, устраняющая выявленные ошибки и недостатки.

При изготовлении опытных партий деталей могут быть выявлены субъективные ошибки разработчика технологического процесса: несоответствие параметров режимов резания, невозможность обеспечения заданной точности при используемой схеме обработки, проблемы достижения качества поверхности инструментом с выбранными материалом режущей части и геометрией, интерференция (одновременное пересечение в пространстве) элементов технологического оснащения операции при выполнении заданного цикла обработки и т.п.

Интерференция элементов технологического оснащения в цикле обработки относится к наиболее опасным субъективным ошибкам при проектировании технологических процессов, так как она приводит к аварийной ситуации: повреждению оснастки или оборудования, возможному травмированию наладчика (оператора). Инженер обязан предотвратить подобную ситуацию на стадии разработки технологического процесса за счет графического представления рабочей зоны станка при выполнении цикла обработки – схемы наладки, а также схемы технологической циклограммы.

Проектирование схемы наладки относится к обязательному компоненту учебного проектирования технологических процессов при выполнении студентами курсовых и дипломных проектов.

# 1 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ. ТЕОРИЯ БАЗИРОВАНИЯ

## 1.1 Основные понятия

Основные термины и определения, касающиеся разработки технологических процессов, регламентированы ГОСТ 3.1109–82 комплекта государственных стандартов «Единая система технологической документации» (ЕСТД).

Ниже приведены некоторые термины, определяющие элементы операций и средств их технологического оснащения, а также некоторые комментарии к ним.

**Наладка** – подготовка технологического оборудования, технологической оснастки и средств контроля к выполнению технологической операции.

*Комментарий.* К наладке относятся действия по установке и выверке приспособлений и инструментов, по переключению органов управления станком в соответствии с заданными режимами, по настройке рабочих органов оборудования на заданные размеры обрабатываемых поверхностей, по вводу управляющей программы в устройство ЧПУ (УЧПУ) станка и т.п.

**Средства технологического оснащения** – совокупность орудий производства (оборудования, оснастки, средств контроля), необходимых для осуществления технологического процесса.

*Комментарий.* Термин «средства технологического оснащения» охватывает все технические средства, необходимые для выполнения конкретного технологического процесса механической обработки, штамповки, литья, сборки и т. д. К этим средствам относятся: оборудование, приспособления, инструменты, средства измерения и т.п. По определению термин не может быть применен к одной, отдельно взятой, операции технологического процесса (но фактически допустим термин «средства технологического оснащения операции»).

**Технологическое оборудование** – средства технологического оснащения, в которых для выполнения определенной части технологического процесса размещаются материалы или заготовки, средства воздействия на них, а также технологическая оснастка.

*Комментарий.* Примерами технологического оборудования являются литейные машины, прессы, металлорежущие станки, печи, гальванические ванны, испытательные стенды и т. п. В ГОСТ 3.1109–82 нет разъяснений термина «определенная часть технологического процесса». Под этим можно понимать и отдельную технологическую операцию, и совокупность операций, хотя, редко имеют место случаи, когда несколько операций выполняются на одном оборудовании. Даже наиболее сложное технологическое оборудование (автоматическая линия) выполняет одну операцию – «автоматно-линейную» (ГОСТ 3.1702–82).

Еще одну неясность вносит выделение в термине «средств воздействия» на материалы или заготовки, то есть инструментов (см. определение ниже), кото-

рые по определению стандарта являются частью технологической оснастки.

**Технологическая оснастка** – средства технологического оснащения, дополняющие технологическое оборудование для выполнения определенной части технологического процесса.

*Комментарий.* В данном термине также присутствует понятие «определенной части технологического процесса», под которой условимся понимать технологическую операцию. Примерами технологической оснастки являются режущий инструмент, приспособления, штампы, инструментальные оправки и втулки, калибры, пресс-формы, модели, литейные формы, стержневые ящики и т. п. Если разделить средства технологического оснащения по отдельным операциям технологического процесса, то согласно стандарту справедлива зависимость: средства технологического оснащения операции – это технологическое оборудование, технологическая оснастка и средства контроля.

**Приспособление** – технологическая оснастка, предназначенная для установки или направления предмета труда (заготовки) или инструмента при выполнении технологической операции.

*Комментарий.* В термине объединены классическое понятие приспособления как средства базирования и закрепления заготовок и понятие «вспомогательный инструмент», широко используемое в технической литературе по механической обработке резанием для обозначения средств базирования и закрепления инструментов на станке.

**Инструмент** – технологическая оснастка, предназначенная для воздействия на предмет труда с целью изменения его состояния. Состояние предмета труда определяется при помощи меры и (или) измерительного средства.

*Комментарий.* Инструменты могут быть формообразующими при резании материалов (резцы, фрезы, сверла, протяжки и т.п.) или формоизменяющими при обработке давлением (матрицы, пуансоны, пресс-формы и т.п.). Примечание к термину подчеркивает, что к инструментам не относятся средства измерения, определяющие состояние предмета труда, то есть термин «измерительный инструмент» стандарт не предусматривает. Измерения могут производиться с помощью простейших технических средств – мер (концевых мер длины, мер шероховатости, пробок, скоб и т.п.) или более сложных измерительных приборов, характерными признаками которых является наличие подвижных частей и различных отсчетных устройств (шкал, лимбов, цифровых или световых индикаторов и т.п.).

Анализ определений по ГОСТ 3.1109–82 позволяет сделать вывод об имеющей место терминологической неопределенности и недостаточности регламентированных определений для более четкой систематизации технических средств выполнения технологических процессов. После уточнения некоторых вышеприведенных терминов можно ввести конкретизирующие (новые) определения, которые использованы в настоящем учебном пособии.

**Средства технологического оснащения операции** – совокупность орудий производства, необходимых для осуществления операции технологического

процесса.

**Технологическое оборудование** – средство технологического оснащения, в котором для выполнения технологической операции размещаются материалы или заготовки, приспособления, инструмент и средства активного контроля.

**Инструмент** – средства технологического оснащения операции, предназначенные для воздействия на предмет труда с целью изменения его состояния.

**Средства измерения (контроля)** – средства технологического оснащения операции, предназначенные для оценки состояния предмета труда.

**Вспомогательная оснастка** – технологическая оснастка, предназначенная для подготовительных действий по базированию, выверке и закреплению предмета труда (заготовки) в приспособлении.

К вспомогательной оснастке относятся специальные устройства по выверке заготовки в процессе ее установки: винтовые, рычажные или кулачковые подъемники (домкраты); подводные опоры; приборы проверки биения заготовки; устройства для разметки и кернения центровых отверстий и т.п.

**Инструментальная оснастка** – технологическая оснастка, предназначенная для установки и (или) направления инструмента при выполнении технологической операции.

**Вспомогательная инструментальная оснастка** – технологическая оснастка, предназначенная для подготовительных действий по базированию, закреплению и настройке инструмента на технологическом оборудовании или вне его.

Вспомогательная инструментальная оснастка широко используется, например, при бесподналадочной смене инструмента.

**Рабочее пространство станка** – трехмерное пространство между рабочими органами технологической машины в пределах их граничных положений по техническим характеристикам, включая вспомогательные базы под элементы технологической оснастки.

**Интерференция** – явление одновременного пересечения в пространстве элементов технологического оснащения операции при выполнении заданного цикла обработки.

Интерференция – недопустимое явление, сопряженное с аварийной ситуацией в производстве и являющееся следствием субъективных ошибок проектирования технологической операции.

На рисунке 1.1 представлена структурная схема технологической системы обработки резанием, на которой выделены элементы технологической оснастки и технологическое оборудование (станок). В справочной литературе инструментальная оснастка носит не совсем корректное название «вспомогательный инструмент». К вспомогательному инструменту в схеме классификации на рисунке 1.1 отнесены универсальные и (или) специальные средства труда для осуществления всех действий наладчика или оператора при выполнении наладки станка и собственно технологической операции (ключи монтажные, ключи патронов, клин выпрессовки конусов Морзе, молоток и т.п.).

**Схема обработки** – упрощенное графическое представление положения инструмента относительно заготовки, поясняющее основные принципы формообразования и не отражающее подробно способы базирования и закрепления элементов технологической оснастки на рабочих органах станка.

Схема обработки относится к учебному документу, разрабатываемому студентами на начальной стадии изучения дисциплины «Основы технологии машиностроения». Рекомендуется прочерчивать схему обработки для положения инструмента в конечной точке рабочего хода. Однако для более детального пояснения схемы формообразования допустимо изображение тонкими линиями начального и промежуточных положений инструмента или заготовки.

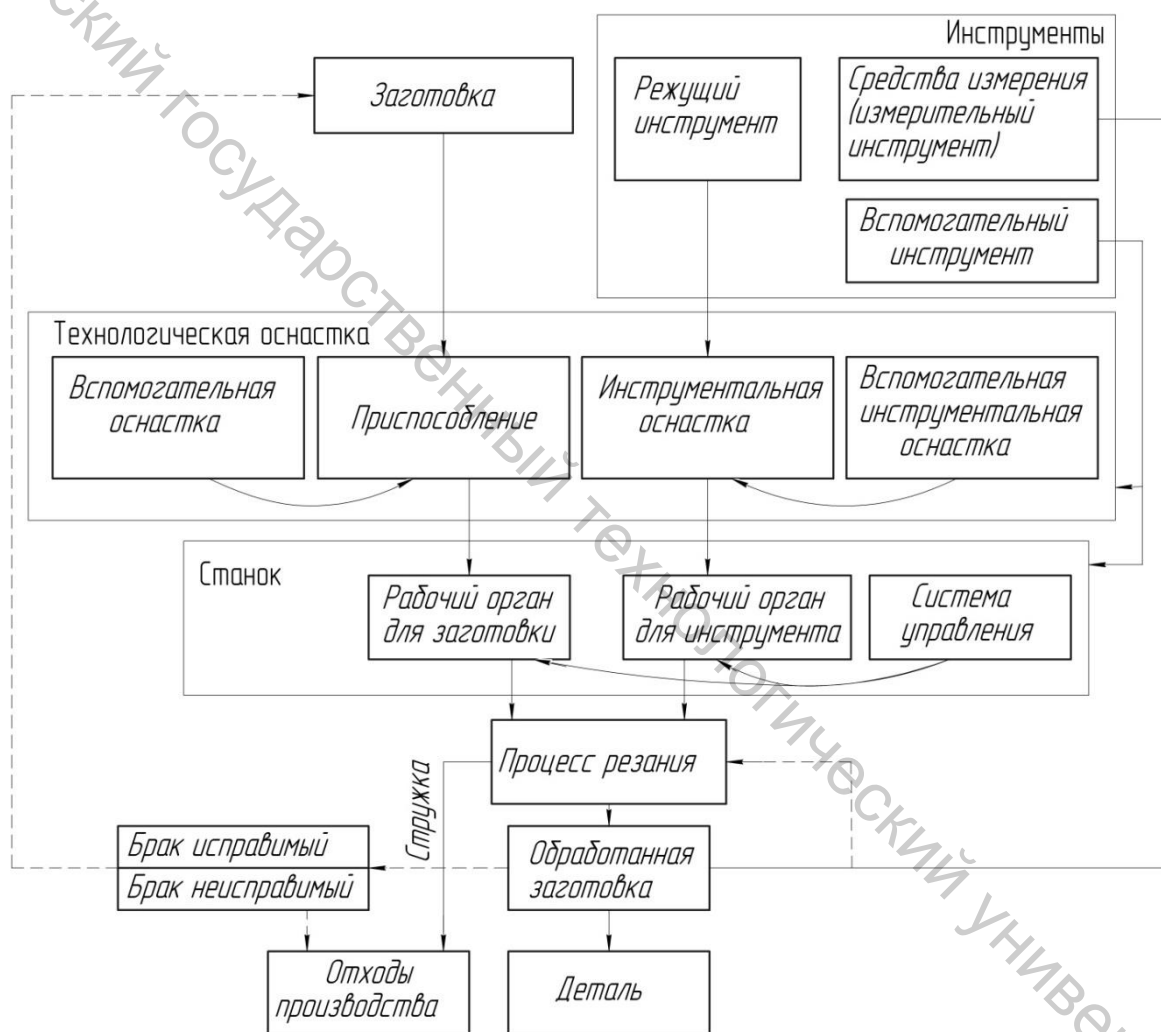


Рисунок 1.1 – Структурная схема технологической системы обработки резанием (станок может иметь несколько соответствующих рабочих органов)

**Схема наладки** – графическое изображение рабочего пространства станка, комплексно поясняющее схему формообразования, способбазирования и закрепления инструмента (инструментов), заготовки и элементов технологиче-

ской оснастки, а также отсутствие явления интерференции в технологической системе при выполнении цикла обработки.

Схему наладки также рекомендуется выполнять для положения инструмента в конце рабочего хода (обработки). Однако с целью проверки отсутствия интерференции могут потребоваться дополнительные виды и сечения для моментов цикла обработки, когда рабочие органы станка, элементы технологической оснастки, инструменты и другие части технологической системы опасно сближаются друг с другом.

На схеме наладки обязательно изображение технологической циклограммы – траектории движения инструмента и (или) заготовки в цикле обработки. Для станков с ЧПУ вместо циклограммы прочерчивается траектория центра инструмента или ее фрагмент.

Как следует из вышеизложенного, проектирование схем наладок преследует три основные цели:

- пояснение способа базирования и закрепления заготовки и инструмента на соответствующих рабочих органах станка;
- проверку отсутствия интерференции в технологической системе, то есть соударения элементов технологической оснастки, инструмента, рабочих органов и вспомогательных механизмов станка при выполнении цикла обработки;
- представление траектории относительного движения инструмента и заготовки, необходимой для технологического нормирования операции, настройки системы цикловой автоматики станка – полуавтомата или автомата, а также составления управляющей программы для станков с ЧПУ.

Любая техническая система, в том числе и технологическая оснастка, создается для выполнения определенного набора функций. Главной функцией технологической оснастки является *ориентирование (базирование)*. Для станочных приспособлений это такое ориентирование *обрабатываемых компонентов заготовки* по отношению к направлениям рабочих движений станка и формообразующего компонента инструмента, которое *обеспечит заданные допуски взаимного расположения* (перпендикулярность, параллельность, угол) и расстояний. Для сборочных приспособлений это такое ориентирование сопрягаемых поверхностей соединяемых деталей, которое обеспечит известные условия собираемости. Для контрольных приспособлений и комплексных калибров это такое ориентирование контролирующих компонентов относительно компонентов проверяемой детали, служащих началом отсчета, которое обеспечит надежное обнаружение годных и негодных (брак) деталей.

*По назначению* базы будем делить на: *конструкторские и технологические*, которые в свою очередь подразделяются на базы механической обработки, сборочные и измерительные.

*Конструкторские базы* используются для задания на чертежах взаимного расположения (линейных размеров, параллельности, перпендикулярности или в общем случае угла) элементов детали.

*Технологические базы механической обработки* используются для ориентации заготовки или элементов заготовки в заданной зоне станка и при проектировании технологического процесса обработки детали и станочных приспособлений. В первом случае технологические базы будем называть **реальными**, а во втором – **проектными**.

*Технологические сборочные базы* используются для взаимной ориентации деталей, сборочных единиц или их элементов при сборке изделия (реальные базы) и при проектировании технологии сборки и сборочных приспособлений (проектные базы). *Основной сборочной базой* предлагается называть совокупность поверхностей детали или сборочной единицы, которая определяет ее положение в изделии. *Вспомогательная сборочная база* – совокупность поверхностей детали или сборочной единицы, которая определяет положение присоединяемой к ней детали или сборочной единицы.

*Измерительные базы* используются при измерении отклонений взаимного расположения (реальные базы) и при проектировании технологии измерения и самих средств измерений (проектные базы). Реальная измерительная база служит для ориентации средств измерения по отношению к измеряемому объекту. Она должна совпадать с конструкторской во избежание погрешности схемы измерения.

## 1.2 Реальное базирование

*Под реальным базированием* будем понимать: процесс ориентации заготовки или элементов заготовки в заданной зоне станка при механической обработке; взаимной ориентации деталей, сборочных единиц или их элементов при сборке изделия; ориентации средств измерения по отношению к измеряемому объекту при измерении.

Синоним слова базирование – ориентация. При решении разных задач оно имеет несколько различных смыслов. Так при обработке необходимо так расположить заготовку в рабочей зоне станка, чтобы обеспечить заданную форму и расположение обрабатываемой поверхности (которой еще нет) при минимальных затратах на управление относительными движениями инструмента и заготовки.

Например, для обработки плоскости на строгальном или вертикально-фрезерном станке заготовку следует ориентировать так, чтобы направляющая и образующая будущей плоскости были соответственно параллельны продольной и поперечной подаче. В принципе, можно обработать плоскость на указанных станках, даже если она наклонна по отношению к одной из подач. Для этого необходимо дополнительное управление, которое бы соответствующим образом связывало перемещение вдоль этой подачи с вертикальным перемещением, зависящим от заданного угла. При такой обработке «строками» снижается производительность обработки и качество (форма) плоскости.

При обработке цилиндрической поверхности на токарном, сверлильном или расточном станке ее ось обязательно должна быть параллельна продольной подаче и совпадать с осью вращения шпинделя или инструмента.

Как же расположить поверхность, которой еще нет, в рабочей зоне станка? Очевидно, это можно сделать, только расположив в рабочей зоне станка определенным образом те компоненты заготовки, которые были получены ранее. Эти компоненты называют **реальными технологическими базами**. А процесс расположения заготовки в рабочей зоне станка – **реальным базированием**.

В технологии машиностроения используются **три метода реального базирования**: 1) выверкой по разметке; 2) выверкой по реальной технологической базе; 3) сопряжением.

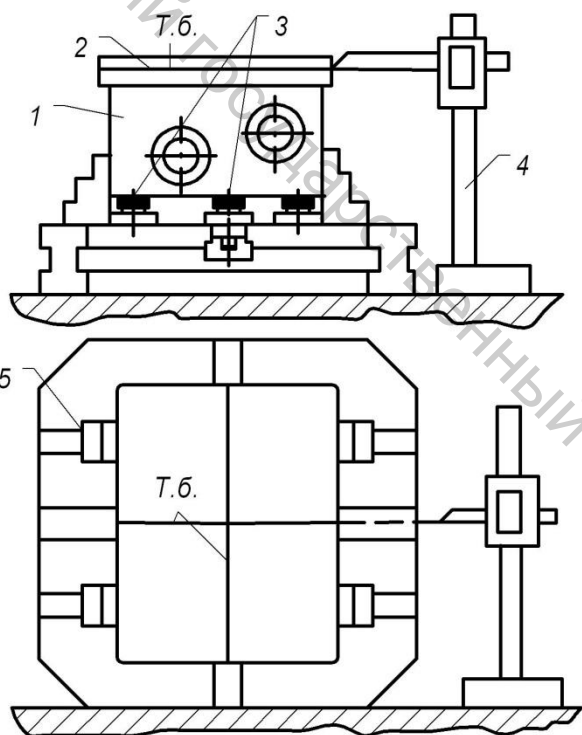


Рисунок 1.2 – Реальное базирование заготовки в приспособлении-спутнике по разметке

столе станка контроль положения линий разметки осуществляется штангенрейсмусом, а также с помощью чертилки 1 закрепленной в оправке 2. К недостаткам метода выверки по разметке следует отнести: 1) низкую точность (0,8...1,3 мм); 2) высокие требования к квалификации рабочего; 3) низкую производитель-

Базирование по разметке применяется в единичном и мелкосерийном производстве, а также при обработке крупногабаритных заготовок. Технологической базой в случае базирования заготовки в приспособлении-спутнике (рисунок 1.2) являются линии разметки 2. Контроль их положения осуществляется обычно штангенрейсмусом 4. Регулировка положения заготовки 1 осуществляется домкратами 3 и кулачками 5. При базировании заготовки, показанной на рисунке 1.3, на

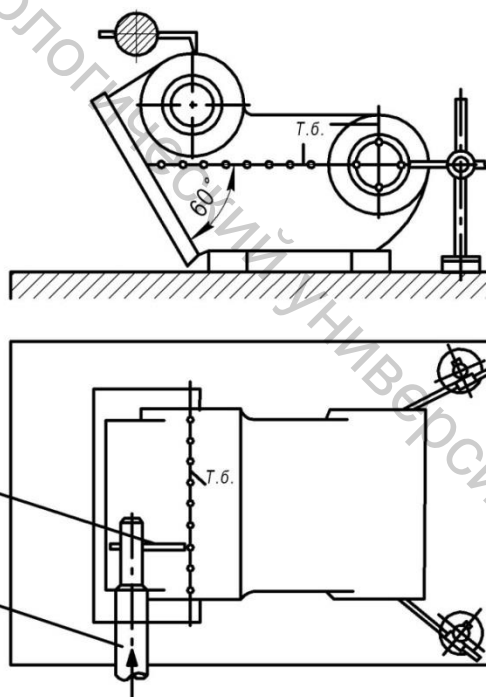


Рисунок 1.3 – Реальное базирование заготовки на столе станка

ность. А к достоинствам: 1) возможность проверки пригодности заготовки до начала её обработки; 2) возможность наиболее рационального размещения контура детали в теле заготовки.

При базировании выверкой по реальной технологической базе правильность положения объекта контролируется точными средствами (индикатором, микроскопом и

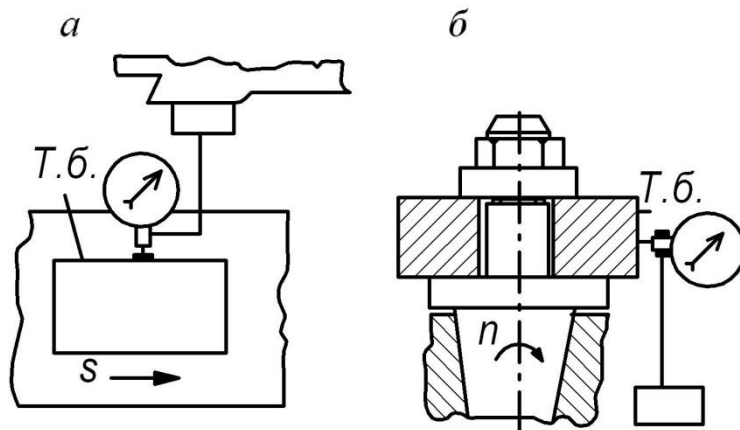


Рисунок 1.4 – Реальное базирование выверкой по технологической базе

т. д.). При механической обработке выверяется параллельность технологической базы направлению подачи (рисунок 1.4а), положение оси отверстия относительно оси шпинделя станка, биение заготовки (рисунок 1.4б). К достоинству метода следует отнести высокую (0,02...0,1 мм) точность базирования, зависящую только от точности контролирующего инструмента и точности технологической базы. А к недостаткам – низкую производительность и высокие требования к квалификации рабочего.

Базирование сопряжением осуществляется при соприкосновении технологических баз заготовки с установочными элементами приспособ-

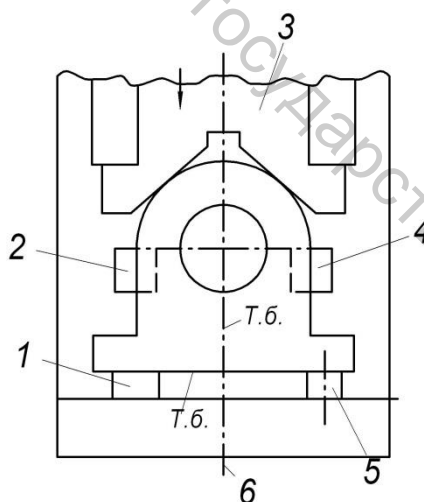


Рисунок 1.5 – Реальное базирование сопряжением

1 и 5 – опорные планки;

2 и 4 – упоры,

3 – подвижная призма

ления. Пример базирования сопряжением при механической обработке показан на рисунке 1.5. Данный метод обеспечивает как высокую производительность, так и достаточно высокую точность базирования.

Чаще всего в качестве баз используются плоские и цилиндрические поверхности в различных сочетаниях. Реже используются конические и сферические.

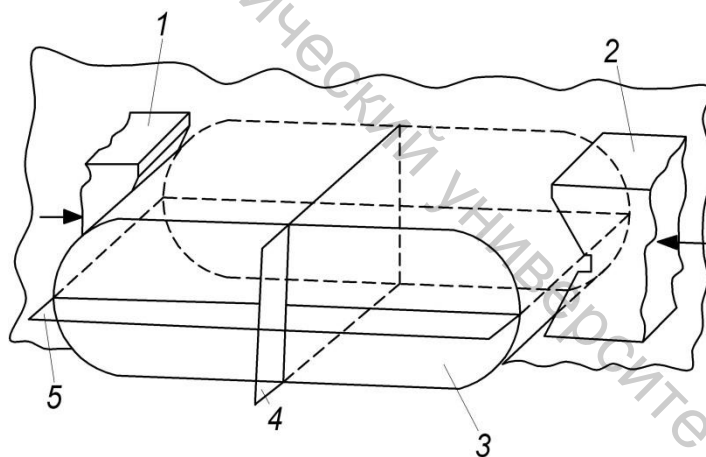


Рисунок 1.6 – Использование плоскостей симметрии в качестве скрытых баз при установке в самоцентрирующем приспособлении

На рисунке 1.6 приведен пример реализации скрытых проектных баз (см. главу 2) (плоскость симметрии 5 и 4 заготовки 3). Подвижная призма 3 (рисунок 1.5) позволяет реализовать скрытую базу (плоскость симметрии 6).

Для сохранения полученного при реальном базировании относительного положения заготовки под действием нагрузок, возникающих во время ее обработки, необходимо силовое замыкание. Силы (моменты сил), создающие силовое замыкание, должны быть больше сил (моментов), стремящихся нарушить относительное положение заготовки, которое было получено при базировании. Для создания силового замыкания используются: 1) упругие деформации отдельных деталей или механизмов станочного приспособления; 2) силы трения; 3) сила тяжести; 4) давление жидкости или газа; 5) магнитные и электромагнитные силы; 6) сочетание различных сил.

### 1.3 Проектное базирование

#### 1.3.1 Конструкторская и технологическая проектные базы. Комплект баз ориентации

*Процессу реального базирования должен предшествовать процесс проектного базирования.* Прежде чем изготавливать деталь, разрабатывают ее графическую модель (чертеж), модель технологического процесса ее изготовления и лишь затем модели необходимой оснастки.

Под *конструкторской базой* будем понимать элемент геометрической (графической) модели детали (или сочетание элементов), определяющий одну из плоскостей или осей системы координат (как правило, декартовой), по отношению к которой задается ориентация другого (*рассматриваемого*) элемента. Пример указания конструкторских баз показан на рисунке 1.7. Ориентация *рассматриваемого элемента* на чертежах указывается допусками взаимного расположения (или задается по умолчанию согласно ГОСТ 2506981) и расстояниями до нескольких конструкторских баз, которые будем называть *комплексом конструкторских баз ориентации*. Так, например, ориентация оси отверстия  $\varnothing 20^{+0.1}$  задана по отношению к двум комплексам конструкторских баз ориентации:

1) с помощью допуска перпендикулярности по отношению к базе А и с помощью линейных размеров  $50 \pm 0,1$  по отношению к оси отверстия  $\varnothing 18^{+0.1}$  и линейного размера  $30 \pm 0,2$  по отношению к плоскости Е (комплект баз ориентации – две взаимноперпендикулярные плоскости (А и Е) и ось отверстия  $\varnothing 18^{+0.1}$ );

2) с помощью допуска перпендикулярности по отношению к базе А и с помощью линейных размеров  $70 \pm 0,15$  по отношению к плоскости Б и линейного размера  $30 \pm 0,2$  по отношению к плоскости Е (комплект баз ориентации – три взаимноперпендикулярные плоскости (А, Б и Е)).

Основными видами расположения элементов при конструировании деталей являются: *параллельность, перпендикулярность, угол, соосность, симметрия*. Причем два последних вида являются производными от параллельности.

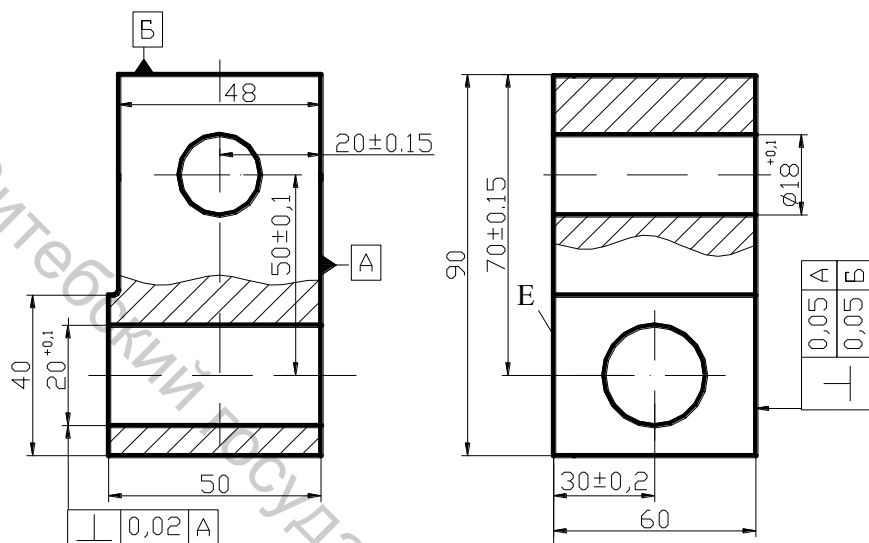


Рисунок 1.7 – Эскиз детали

При проектировании технологических процессов механической обработки или станочных приспособлений с учетом порядка обработки следует указывать *проектные технологические базы механической обработки*.

**Технологической проектной базой** (далее технологическая база) будем

называть элемент геометрической модели заготовки (ГМЗ) (абсолютно твердого тела, поверхности которого идеальны) по отношению к которому обеспечивается ориентация (расстояние, допуск взаимного расположения) подлежащего обработке конструктивного элемента. Для уменьшения наследования погрешности обработки и избежания погрешности базирования при разработке модели установки необходимо стремиться к совпадению технологических и конструкторских проектных баз (принцип единства баз). Однако не следует забывать, что заготовка детали – это промежуточное состояние детали (то есть деталь с напусками и припусками). Деталь формируется после выполнения последнего перехода последней операции технологического процесса обработки. Детали поступают на сборку. Таким образом, при обеспечении принципа единства баз следует вести речь о обозначениях на ГМЗ размерных и угловых связей согласно чертежа.

При **проектном технологическом базировании** вводится система отсчета (система координат) сопряженная (соприкасающаяся) с технологическими базами. Указанную систему координат логично назвать *собственной* (ССК), так как она строится на элементах модели заготовки, или *базовой* (БСК), так как она определяет **комплект баз**, по отношению к которому ориентируются рассматриваемые подлежащие обработке конструктивные элементы (**комплект технологических баз ориентации**).

Конструкторские и технологические базы будем делить на два класса: *оси* и *плоскости*. По характеру проявления – на *явные* и *скрытые* (точки, линии и плоскости симметрии).

Различные сочетания осей или плоскостей в базовой системе координат и определяют комплекты (конструкторских и технологических) баз ориентации конструктивных элементов.

В случае использования декартовой системы отсчета в подавляющем большинстве случаев используется четыре варианта комплектов баз ориентации конструктивных элементов (табл. 1.1):

а) три взаимно перпендикулярные плоскости, среди которых может быть плоскость симметрии (табл. 1.1 поз. 1);

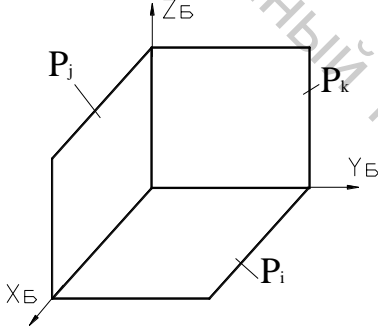
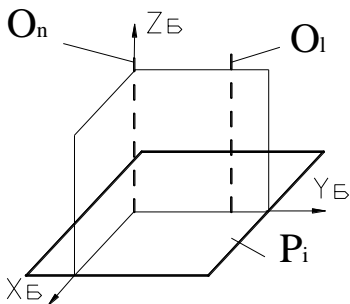
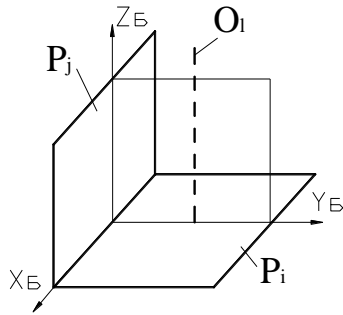
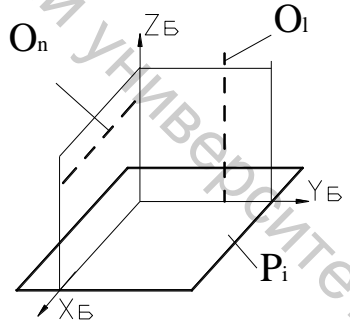
б) плоскость и две оси, перпендикулярные к ней (табл. 1.1 поз. 3);

в) две взаимно перпендикулярные плоскости и ось, которая перпендикулярна к одной из них (в частном случае ось может лежать в плоскости, которая в общем случае параллельна оси) (табл. 1.1 поз. 2);

г) плоскость и две оси, одна из которых перпендикулярна, а другая параллельна этой плоскости (в частном случае она может лежать в этой плоскости) (табл. 1.1 поз. 4);

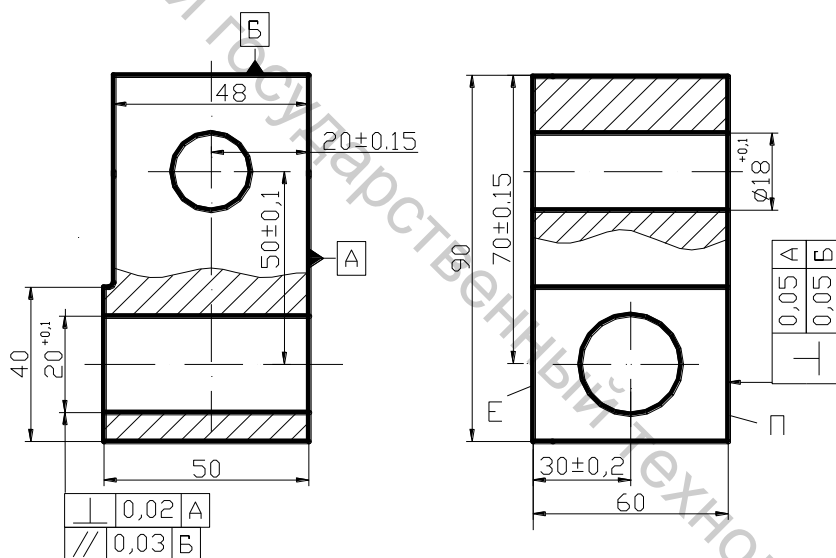
д) три взаимно перпендикулярные оси.

Таблица 1.1 – Варианты комплектов баз ориентации конструктивных элементов

Обозначение	Комплект баз и структурная формула	Обозначение	Комплект баз и структурная формула
Комплект баз ориентации №1		Комплект баз ориентации №3	
	$P_i \perp P_j \perp P_k$		$(O_1 \perp P_i) \wedge (O_n \perp P_i)$
Комплект баз ориентации №2		Комплект баз ориентации №4	
	$P_i \perp P_j$ $((O_1 // P_i) \wedge (O_1 \perp P_j)) \vee$ $((O_1 // P_j) \wedge (O_1 \perp P_i))$		$((O_1 \perp P_i) \wedge (O_n // P_i)) \vee$ $((O_n \perp P_i) \wedge (O_1 // P_i))$

В частных случаях вариантов 2 и 4 оси могут лежать в плоскостях, которым они параллельны. В варианте 1 одна из плоскостей может быть плоскостью симметрии. Плоскость и оси симметрии согласно ГОСТ 21495–77 называются *скрытыми технологическими базами*, остальные базы комплекта – *явными технологическими базами*. Реальные базы бывают только явными.

Относительное угловое положение *оси* осесимметричного элемента конструкции (поверхности вращения) на чертеже детали или оси обрабатываемой поверхности заготовки на операционном эскизе должно быть задано необходимым и достаточным числом показателей. Так, *ось может быть: перпендикулярна только к одной плоскости, или параллельна двум пересекающимся плоскостям, или параллельна к одной плоскости и составлять некоторый угол с плоскостью, которая перпендикулярна первой.*



На рисунке 1.8 приведен пример некорректного задания точности расположения оси обрабатываемого отверстия. Допуск параллельности оси к базе Б, указанный на чертеже детали, избыточен, так как допуск перпендикулярности относительно базы А однозначно задает относительное положение оси. Поле допуска параллельности

Рисунок 1.8 – Иллюстрация некорректного задания допуска взаимного расположения

будет дублировать поле допуска перпендикулярности (рисунок 1.9).

Относительное угловое положение плоского конструктивного элемента (*плоскости*) на чертеже детали или обрабатываемой плоскости заготовки на операционном эскизе также должно быть задано необходимым и достаточным числом показателей. Так, плоскость может быть: *перпендикулярна к двум пересекающимся плоскостям или к оси, или перпендикулярна к одной плоскости и составлять некоторый угол с другой, которая перпендикулярна к первой.*

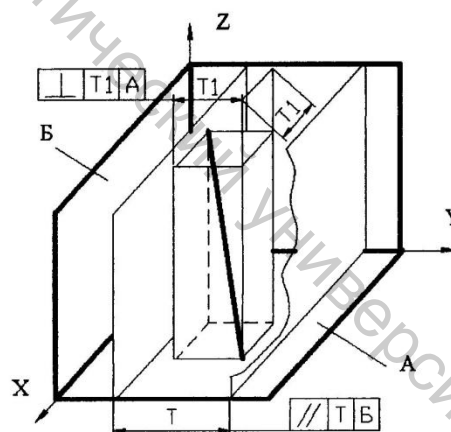
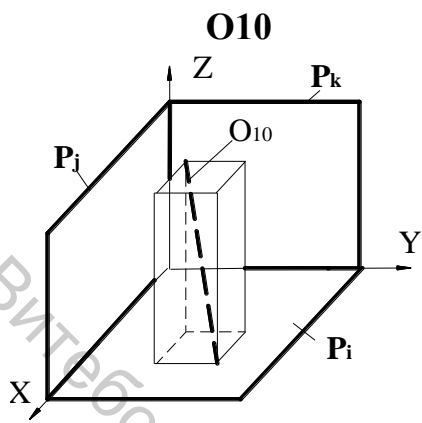
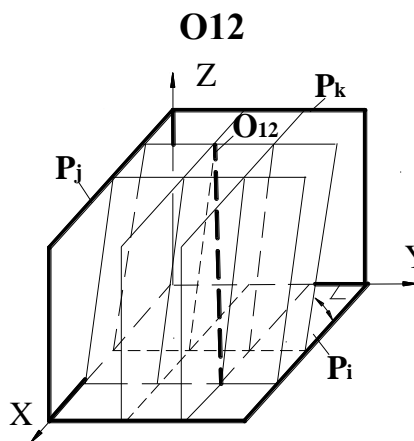


Рисунок 1.9 – Схема распределения полей допусков перпендикулярности и параллельности

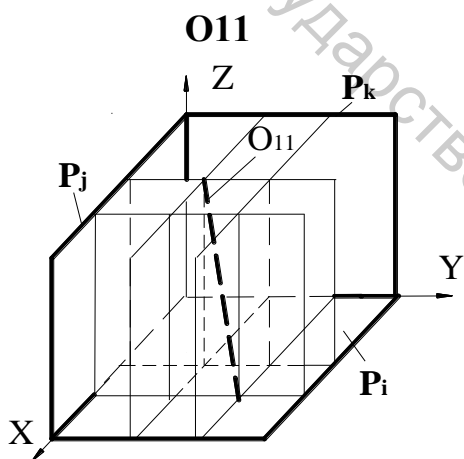
Таким образом, можно определить варианты однозначного задания ориентации



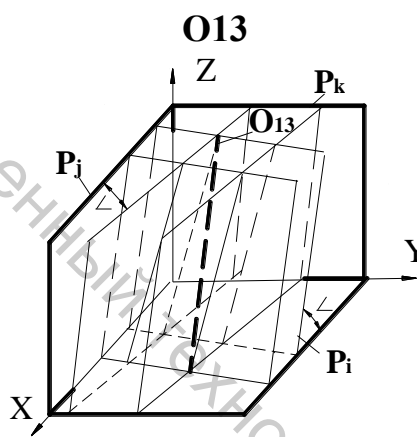
$$O_{10} \perp P_{i(j,k)}$$



$$O_{12} // P_j \wedge O_{12} \angle P_{i,k}$$



$$O_{11} // P_i \wedge O_{11} // P_j$$



$$O_{13} \angle P_i \wedge O_{13} \angle P_j$$

Рисунок 1.10 – Обозначения задания ориентации оси относительно первого комплекта баз

элементов конструкции относительно того или иного комплекта баз ориентации. Проведенный анализ показывает, что в большинстве случаев используется 62 варианта задания ориентации обрабатываемой оси или плоскости конструктивного элемента относительно того или иного комплекта баз ориентации.

Если технологическими базами являются три плоскости (комплект баз № 1 табл. 1.1), то расположение оси осесимметричного конструктивного элемента (обрабатываемой поверхности) может задаваться допуском либо:

- 1) перпендикулярности к одной из плоскостей комплекта баз ориентации (O10) (рисунок 1.10);
- 2) параллельности относительно двух

плоскостей комплекта баз (O11) (рисунок 1.10);

3) параллельности относительно одной плоскости и углового расположения относительно другой плоскости комплекта баз (O12) (рисунок 1.10);

4) углового расположения относительно двух плоскостей комплекта баз (O13) (рисунок 1.10) и соответствующими двумя координатами точки на оси (линейными размерами).

Если технологическими базами являются две плоскости и ось, перпендикулярная к одной из них (комплект баз №2 табл. 1.1), то расположение оси обрабатываемой поверхности может задаваться допуском либо:

5) перпендикулярности к плоскости комплекта, перпендикулярной оси (O20);

6) перпендикулярности к плоскости комплекта баз, параллельной оси комплекта (O21);

7) параллельности относительно оси комплекта баз (O22);

8) перпендикулярности к оси комплекта баз и параллельности к плоскости комплекта, параллельной оси (O23);

9) параллельности относительно плоскостей комплекта (O24);

10) параллельности относительно плоскости комплекта, параллельной оси и углового расположения относительно другой плоскости комплекта (O25);

11) углового расположения относительно двух плоскостей комплекта (O26);

12) параллельности относительно плоскости комплекта, параллельной оси и углового расположения относительно оси комплекта (O27);

13) углового расположения относительно плоскости комплекта, параллельной оси и углового расположения относительно оси (O28);

14) параллельности относительно плоскости комплекта, перпендикулярной оси комплекта баз и углового расположения относительно другой плоскости комплекта (O29) и соответствующими двумя координатами точки на оси (линейными размерами).

*Если технологическими базами являются две параллельные оси и плоскость перпендикулярная к ним (комплект баз №3 табл. 1.1), то расположение оси обрабатываемой поверхности может задаваться допуском либо:*

15) перпендикулярности к плоскости комплекта баз (O30);

16) параллельности относительно оси (O31);

17) перпендикулярности к плоскости комплекта, проходящей через оси (O32);

18) параллельности относительно плоскости комплекта, проходящей через оси, и параллельности к плоскости комплекта (O33);

19) параллельности относительно плоскости комплекта, проходящей через оси, и углового расположения оси к плоскости комплекта (O34);

20) углового расположения к плоскости комплекта, проходящей через оси, и углового расположения к плоскости комплекта (O35);

21) параллельности к плоскости комплекта, проходящей через оси, и углового расположения оси к оси комплекта баз (O36);

22) углового расположения к плоскости комплекта, проходящей через оси, и параллельности к плоскости комплекта (O37);

23) углового расположения к плоскости комплекта, проходящей через оси, и углового расположения к оси комплекта (O38) и соответствующими двумя координатами точки на оси (линейными размерами).

*Если технологическими базами являются две пересекающиеся под прямым углом оси и плоскость перпендикулярная к одной из них (комплект баз №4*

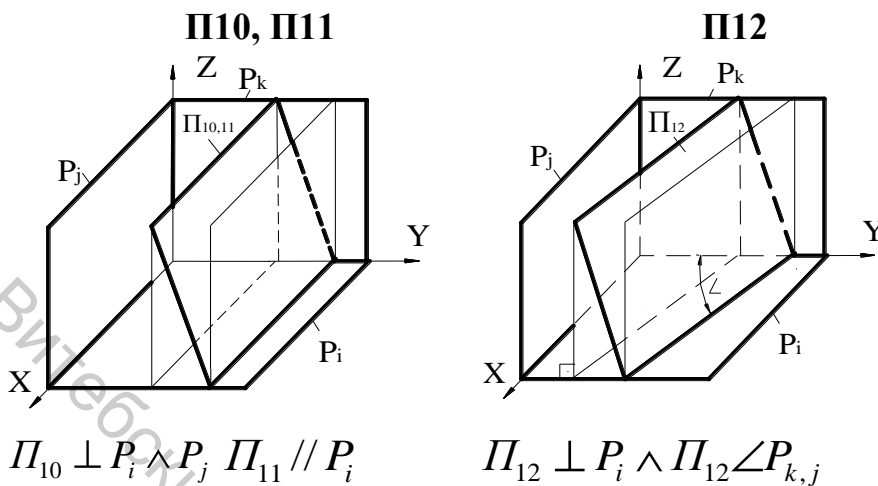


Рисунок 1.11 – Обозначения некоторых вариантов задания ориентации плоскости относительно первого комплекта баз

табл. 1.1), то расположение оси обрабатываемой поверхности может задаваться допуском либо:

24) перпендикулярности плоскости комплекта баз (O40);

25) перпендикулярности к оси комплекта, параллельной плоскости и параллельности плоскости комплекта (O41);

26) параллельности к оси комплекта баз, параллельной плоскости (O42);

27) параллельности к оси комплекта, перпендикулярной плоскости (O43);

28) перпендикулярности к оси комплекта, параллельной плоскости и перпендикулярности к оси комплекта перпендикулярной плоскости (O44);

29) углового расположения к оси комплекта, параллельной плоскости и параллельности плоскости комплекта баз (O45);

30) углового расположения к оси комплекта, параллельной плоскости и углового расположения к плоскости комплекта (O46);

31) углового расположения к оси комплекта, параллельной плоскости и углового расположения к оси комплекта перпендикулярной плоскости (O47) и соответствующими двумя координатами точки на оси (линейными размерами).

Если технологическими базами являются три плоскости (комплект баз № 1 табл. 1.1), то расположение обрабатываемого плоского конструктивного элемента может задаваться допуском либо:

1) перпендикулярности к двум плоскостям комплекта баз (П10) (рисунок 1.11);

2) параллельности к одной плоскости комплекта баз (П11) (рисунок 1.11);

3) перпендикулярности к одной плоскости комплекта и углового расположения относительно другой (П12) (рисунок 1.11);

4) углового расположения относительно двух плоскостей комплекта баз (П13)

и соответствующей координатой точки на плоскости (линейным размером).

Если технологическими базами являются две плоскости и ось, перпендикулярная к одной из них (комплект баз №2 табл. 1.1), то расположение обрабатываемой плоской поверхности может задаваться допуском либо:

5) перпендикулярности к двум плоскостям комплекта баз (П20);

- 6) параллельности к плоскости комплекта баз, параллельной оси (П21);
- 7) параллельности к плоскости комплекта баз, перпендикулярной оси (П22);
- 8) перпендикулярности рассматриваемой плоскости к оси комплекта баз (П23);
- 9) параллельности к оси комплекта и перпендикулярности плоскости комплекта, параллельной оси (П24);
- 10) углового расположения относительно плоскости комплекта, перпендикулярной оси и перпендикулярности плоскости к плоскости комплекта параллельной оси (П25);
- 11) углового расположения относительно плоскости комплекта, параллельной оси и перпендикулярности плоскости к плоскости комплекта, перпендикулярной оси (П26);
- 12) углового расположения относительно оси комплекта и перпендикулярности плоскости к плоскости комплекта, параллельной оси (П27);
- 13) углового расположения относительно оси комплекта и углового расположения к плоскости комплекта, параллельной оси (П28);
- 14) углового расположения относительно двух плоскостей комплекта (П29) и соответствующей координатой точки на плоскости (линейным размером).

*Если технологическими базами являются две параллельные оси и плоскость перпендикулярная к ним (комплект баз №3 табл. 1.1), то расположение обрабатываемой плоской поверхности может задаваться допуском либо:*

- 15) перпендикулярности к двум плоскостям комплекта (П30);
- 16) параллельности к плоскости комплекта, проходящей через оси (П31);
- 17) параллельности к плоскости комплекта (П32);
- 18) перпендикулярности оси комплекта (П33);
- 19) перпендикулярности к плоскости комплекта и углового расположения к плоскости комплекта, проходящей через оси (П34);
- 20) углового расположения к плоскости комплекта и перпендикулярности к плоскости комплекта, проходящей через оси (П35);
- 21) углового расположения к плоскости комплекта, углового расположения к плоскости комплекта, проходящей через оси (П36);
- 22) углового расположения к оси комплекта и углового расположения к плоскости комплекта, проходящей через оси (П37) и соответствующей координатой точки на плоскости (линейным размером).

*Если технологическими базами являются две пересекающиеся под прямым углом оси и плоскость перпендикулярная к одной из них (комплект баз №4 табл. 1.1), то расположение обрабатываемой плоской поверхности может задаваться допуском либо:*

- 23) перпендикулярности к оси комплекта перпендикулярной плоскости комплекта баз (П40);

24) перпендикулярности к оси комплекта баз, параллельной плоскости комплекта (П41);

25) перпендикулярности к плоскости комплекта баз и параллельности к оси комплекта, параллельной плоскости комплекта (П42);

26) перпендикулярности к плоскости комплекта и углового расположения к оси комплекта, параллельной плоскости комплекта (П43);

27) углового расположения к оси комплекта, параллельной плоскости комплекта, и параллельности к оси комплекта, перпендикулярной плоскости комплекта (П44);

28) углового расположения к плоскости комплекта и параллельности к оси комплекта, параллельной плоскости комплекта (П45);

29) углового расположения к оси комплекта, перпендикулярной плоскости комплекта, и параллельности к оси комплекта, параллельной плоскости комплекта (П46);

30) углового расположения к плоскости комплекта и углового расположения к оси комплекта, параллельной плоскости комплекта (П47);

31) углового расположения к оси комплекта, перпендикулярной плоскости комплекта, и углового расположения к оси комплекта параллельной плоскости комплекта (П48) и соответствующей координатой точки на плоскости (линейным размером).

Варианты однозначного задания оси или плоскости можно представить в виде схемы (рисунок 1.12). Модель позволяет осуществлять оценку корректности задания допусков взаимного расположения и служит основой проектирования схемы базирования.

На чертеже детали часто не указываются допуски перпендикулярности, параллельности, соосности, пересечения осей и симметричности. Но базовые элементы и показатели точности расположения заданы «по умолчанию». Их можно определить по таблицам ГОСТ 25069–81 (приложение А) на неуказанные допуски взаимного расположения в зависимости от номинального размера ( $L$ ) и размера, координирующего расположение ( $L_o$ ), а также от качества точности размеров (рисунок 1.13).

Например, необходимо определить неуказанные допуски перпендикулярности поверхностей для детали рисунок 1.14. Неуказанные предельные отклонения размеров – по  $h14$ ;  $\pm t_2/2$ .

1. За базу для определения неуказанных допусков перпендикулярности элементов А, Б, Г, Д, Ж, К в вертикальной плоскости принимают поверхность И (поверхность, имеющая больший размер в рассматриваемых перпендикулярных направлениях).

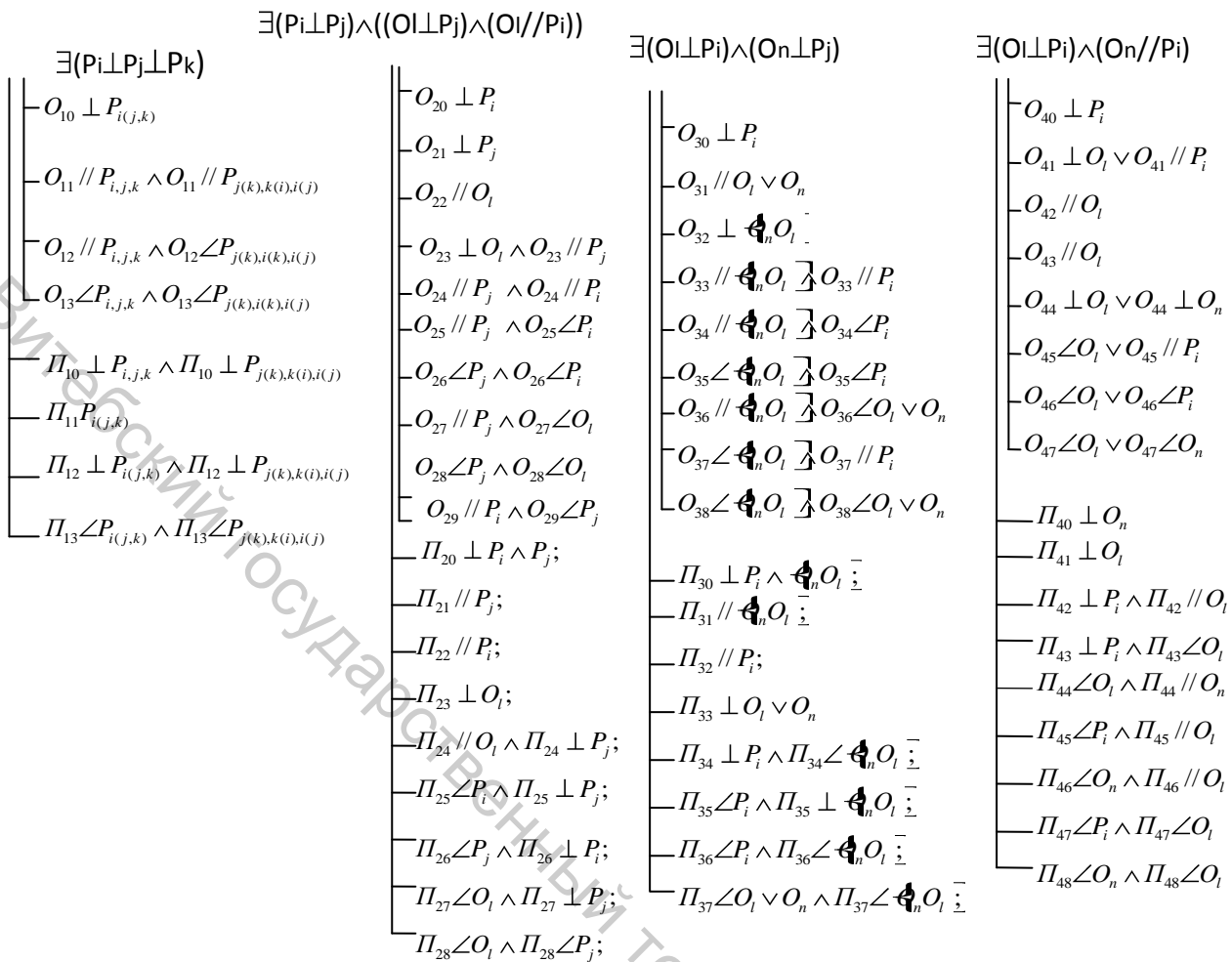


Рисунок 1.12 – Схема вариантов корректного задания допусков взаимного расположения относительно комплектов баз

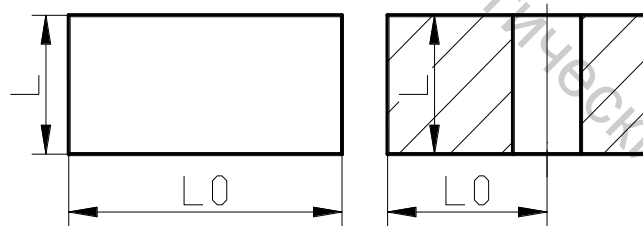


Рисунок 1.13 – Иллюстрация номинального размера (L) и размера, координирующего расположение рассматриваемого компонента (L<sub>0</sub>)

2. Неуказанные допуски перпендикулярности элементов А, Б, Г, Д, Ж, К относительно поверхности И определяются по таблице.

2.1. Для поверхностей А и Ж: номинальный размер – 30 мм; определяющий допуск размера – IT14; неуказанный допуск перпендикулярности – 0,2 мм.

2.2. Для поверхности Д: номинальный размер – 10 мм; определяющий допуск размера –  $t_2$  (средний класс точности); неуказанный допуск перпендикулярности – 0,1 мм.

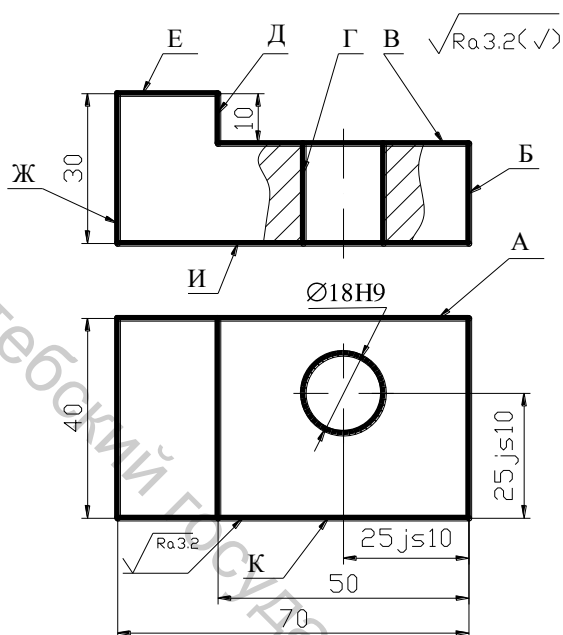


Рисунок 1.14 – Пример определения неуказанных допусков перпендикулярности

2.3. Для поверхностей Б и Г: номинальный размер – 20 мм; неуказанный допуск перпендикулярности – 0,1 мм.

Числовые значения неуказанных допусков соосности, пересечения осей и симметричности определяются из соответствующих таблиц приложения А.

Допуск параллельности составляет в зависимости от уровня заданной геометрической точности от 0,6 до 0,25 допуску на размер. Например, допуск параллельности плоскостей А и К при повышенной геометрической точности и допуске на размер 40 по 14-му качеству, равному 0,62 мм, составляет  $0,4 \cdot 0,62 = 0,248$  мм на всей длине.

### 1.3.2 Понятие теоретических схем базирования и установки. Настроечная база

Под **теоретической схемой базирования** при механической обработке (или просто **схемой базирования**) будем понимать графическое изображение геометрической модели заготовки в состоянии после выполнения рассматриваемой операции, на которой выделены обработанные конструктивные элементы, проставлены выдерживаемые размеры и допуски взаимного расположения, условные значки, интерпретирующие точки сопряжения и направляющие векторы, накладывающие определенное число геометрических **связей**, а также проведена базовая система координат.

Под **целью разработки теоретической схемы базирования** при механической обработке (то есть проектного базирования) будем понимать **обеспечение** (еще на стадии проектирования) **требуемых показателей взаимного расположения поверхностей за счет наложения на поверхности баз ориентации шести геометрических связей**.

**Связь** отражает отсутствие неопределенности положения рассматриваемого обрабатываемого конструктивного элемента в БСК и определяет положение **точки сопряжения (соприкосновения)** проектной технологической базы с БСК. Чтобы определить направление связи и направление оси базовой (собственной) системы координат, предлагается использовать **направляющий вектор**, перпендикулярный соответствующей плоскости БСК.

Сочетания точек сопряжения в базовой системе координат, расположенные на каждой из баз ориентации, могут накладываться на геометрическую модель за-

готовки разное число связей. Оно определяет **вид компонента комплекта баз**. Сочетания точек сопряжения указанный выше ГОСТ определяет как установочная, направляющая, опорная, двойная опорная, двойная направляющая базы. Приведенные названия технологических баз нельзя воспринимать буквально, так как опорной базой заготовка ни на что не опирается, направляющей базой никуда не направляется, а на установочную – не всегда устанавливается. Поэтому предлагается вместо этих терминов использовать соответственно следующие: тройная однонаправленная, двойная однонаправленная, одиночная, двойная разнонаправленная, четверная базы. Также предлагается использовать новое понятие «тройная разнонаправленная база», отсутствующее в ГОСТ.

Эти термины легко определить с помощью понятий «точка сопряжения», «направляющий вектор». Так, например, под тройной однонаправленной (установочной) технологической базой предлагается считать три точки сопряжения, не лежащие на одной прямой и имеющие одинаковое направление направляющих векторов, накладывающие на геометрическую модель заготовки три связи: одну линейную и две угловые (рисунок 1.15).

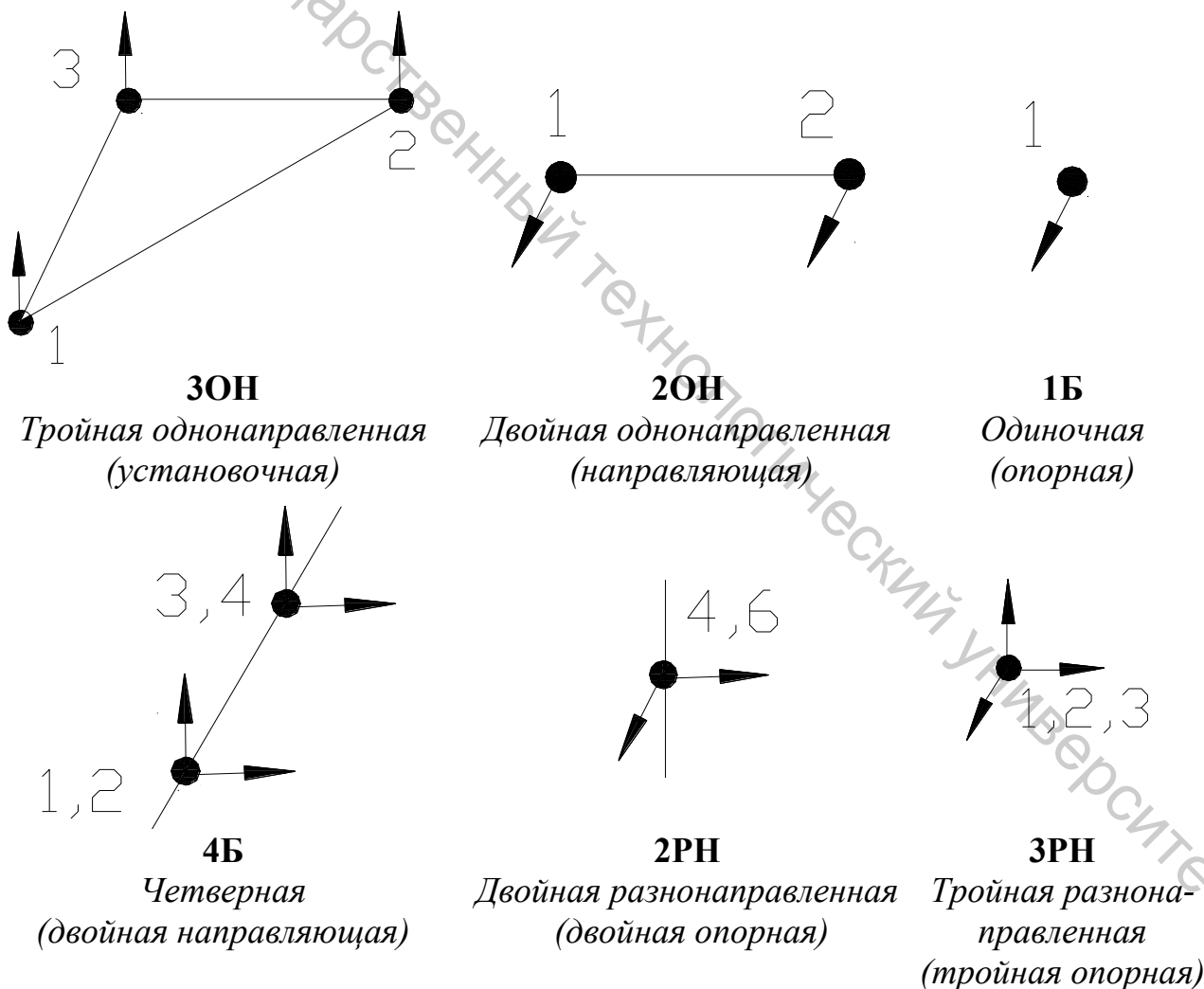
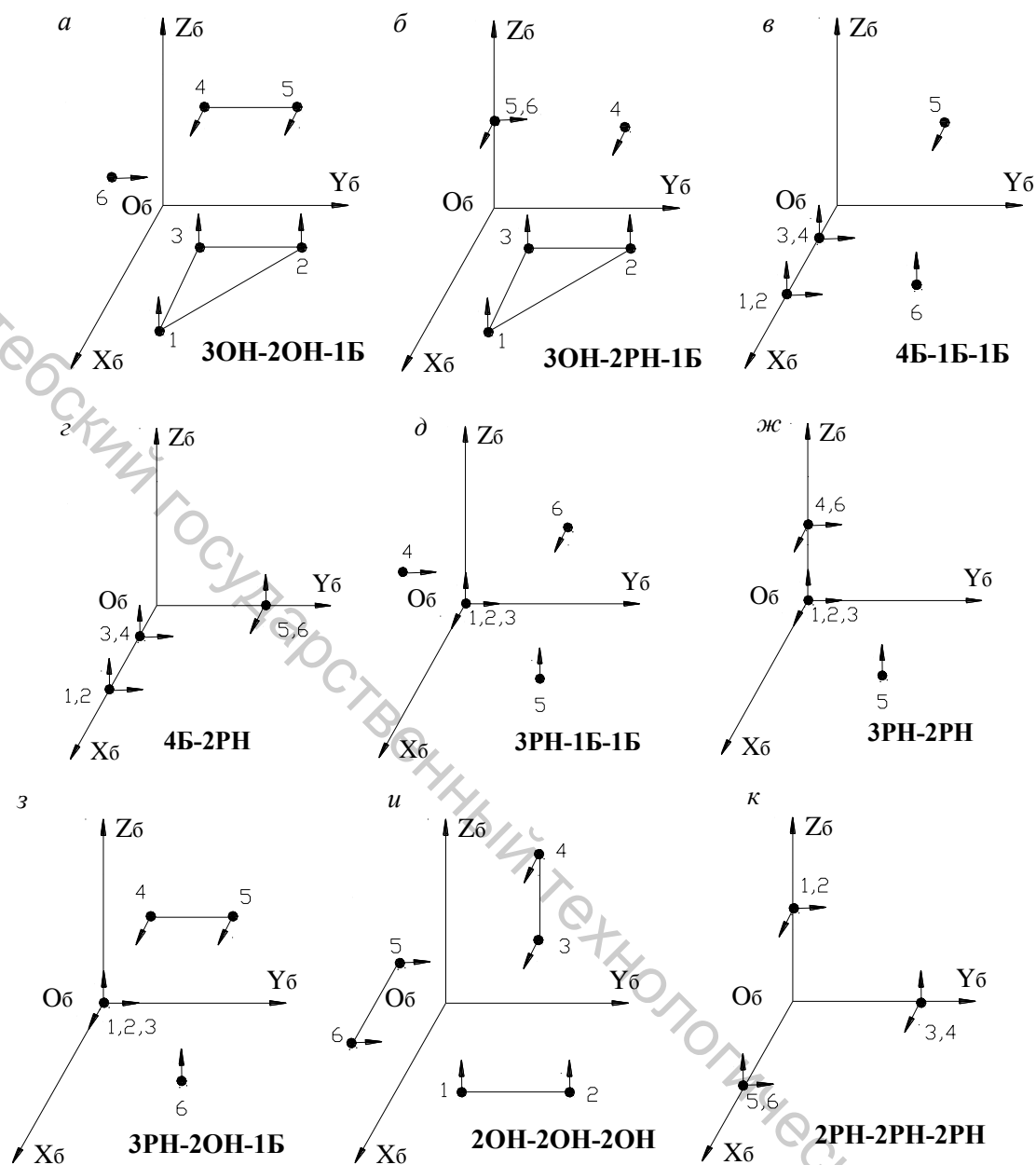


Рисунок 1.15 – Классификация и обозначение баз по числу налагаемых связей

Различные виды компонентов комплекта баз могут образовывать комплекты девятью различными способами (рисунок 1.16).



а) тройная однонаправленная (установочная) (1,2,3), двойная однонаправленная (направляющая) (4,5) и одиночная (опорная) (6) базы; б) тройная однонаправленная (установочная) (1, 2, 3), двойная разнонаправленная (двойная опорная) (5,6) и одиночная (опорная) (4) базы; в) четверная (двойная направляющая) (1,2,3,4) и две одиночные (опорные) ((5) и (6)) базы; г) четверная (двойная направляющая) (1,2,3,4) и двойная разнонаправленная (двойная опорная) (5,6) базы; д) тройная разнонаправленная (тройная опорная) (1,2,3) и три одиночные (опорные) (4),(5),(6) базы; ж) тройная разнонаправленная (тройная опорная) (1,2,3), двойная разнонаправленная (двойная опорная) (4,6) и одиночная (опорная) (5) базы; з) тройная разнонаправленная (тройная опорная) (1,2,3), двойная однонаправленная (направляющая) (4,5) и одиночная (опорная) (6) базы; и) три двойные однонаправленные (направляющих) (1,2), (3, 4) и (5, 6) базы; к) три двойные разнонаправленные (двойные опорные) (1,2), (3, 4) и (5,6) базы.

*Рисунок 1.16 – Варианты расположения точек сопряжения и количества связей технологических баз ( $O_6X_6Y_6Z_6$  – базовая система координат; 1-6 – точки сопряжения; стрелками показаны направляющие векторы)*

Несложно определить возможные варианты реализации технологических баз. Так, например, тройная однонаправленная (установочная) база может быть реализована:

- 1) плоскостью модели заготовки;
- 2) двумя образующими, которые принадлежат пересекающимся или параллельным цилиндрам и лежат в одной плоскости (рисунок 1.17);
- 3) образующими цилиндра и конуса, лежащими в одной плоскости (рисунок 1.18);
- 4) направляющей окружностью тора (рисунок 1.19а);
- 5) наружными точками трех сфер, лежащих в одной соприкасающейся с ними плоскости (рисунок 1.19б);
- 6) двумя пересекающимися (или параллельными) осями цилиндров.

**Двойная однонаправленная (направляющая) технологическая база** формируется двумя не слившимися точками сопряжения, имеющими одинаковое направление направляющих векторов (рисунок 1.15; рисунок 1.16а, з точки 4, 5; и – точки 1,2; 3,4; 5,6). Двойная однонаправленная база накладывает на модель заготовки две связи, которые обеспечивают определенность расстояния обрабатываемого элемента ГМЗ вдоль одной из осей базовой системы координат и определенность углового положения (поворота) вокруг одной из двух других осей.

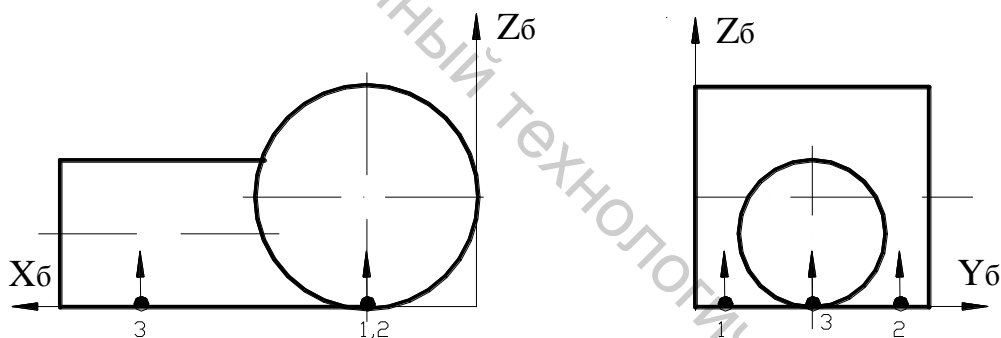


Рисунок 1.17 – Схема реализации тройной однонаправленной (ЗОН) базы с помощью двух образующих, принадлежащих пересекающимся цилиндрам и лежащих в одной плоскости

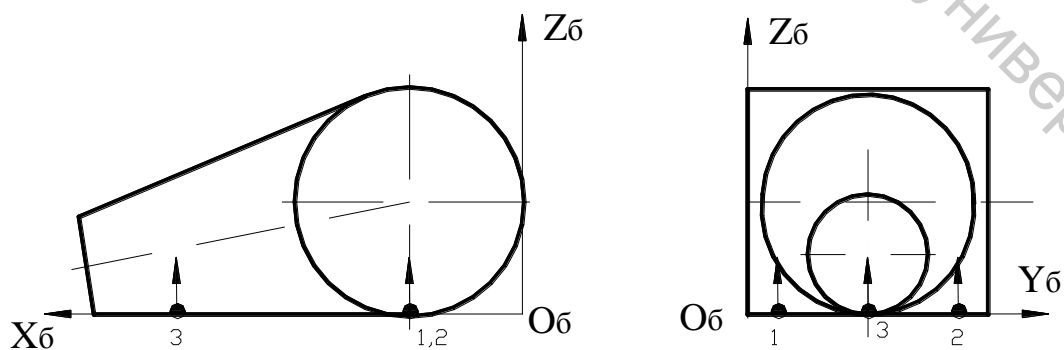


Рисунок 1.18 – Схема реализации тройной однонаправленной (ЗОН) базы с помощью образующих цилиндра и конуса, лежащими в одной плоскости

Двойную однонаправленную базу можно реализовать:

- 1) плоскостью модели заготовки (рисунок 1.20а);
- 2) осью цилиндра (рисунок 1.20б);
- 3) образующей цилиндра (1.21 а);
- 4) точками, которые лежат на общей касательной к двум наружным цилиндрам (1.21б);
- 5) линией пересечения двух плоскостей (рисунок 1.22а).

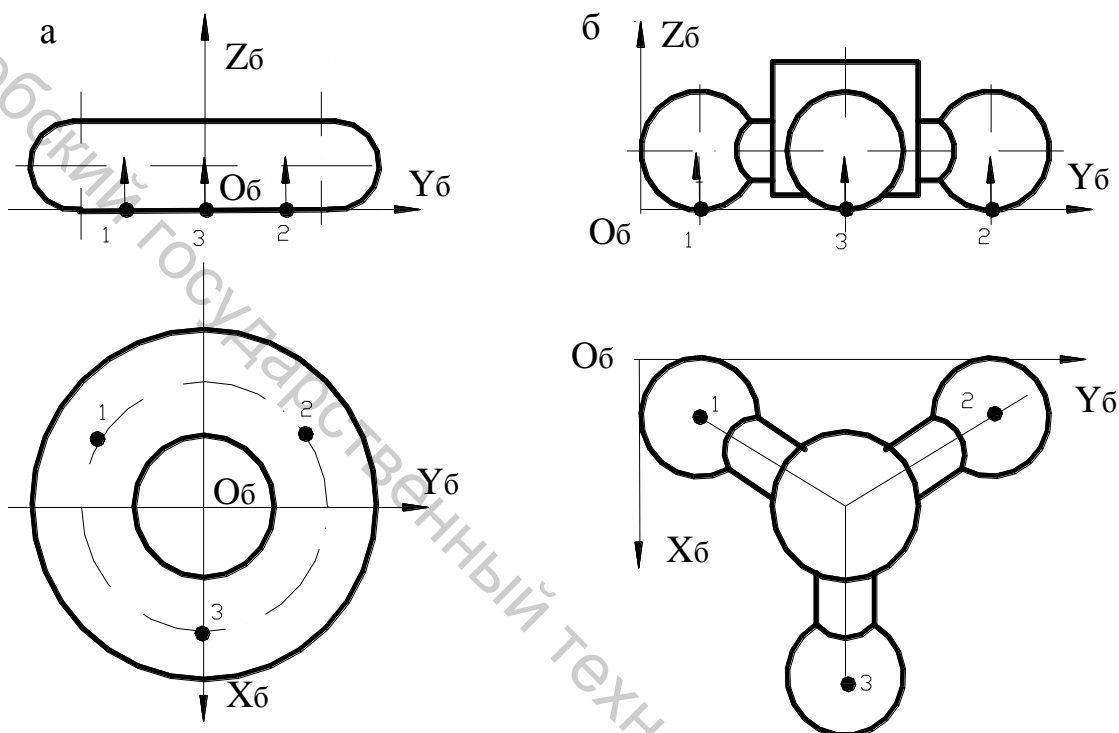


Рисунок 1.19 – Схема реализации тройной однонаправленной (3ОН) базы с помощью: (а) направляющей тора, (б) наружными точками трех сфер, лежащими в одной плоскости

**Одиночная (опорная) технологическая база** формируется одной точкой сопряжения. Накладывает одну связь – определенность положения обрабатываемого элемента заготовки вдоль направляющего вектора (рисунок 1.15).

Одиночная база может быть реализована точкой, лежащей на:

- 1) оси цилиндра, конуса или тора (рисунок 1.22б);
- 2) плоскости геометрической модели заготовки;
- 3) образующей цилиндра;
- 4) линии пересечения плоскостей и т. д.

С помощью оси цилиндрической или конической поверхности заготовки может быть реализована **двойная разнонаправленная (двойная опорная) технологическая база**, если в одной точке этой оси лежат две слившиеся точки сопряжения, а соответствующие направляющие векторы взаимно перпендикулярны. Эта база накладывает две связи: определенность расстояния обрабатываемого элемента вдоль осей базовой системы координат, параллельных направ-

ляющим векторам (рисунок 1.15; 1.16б,г – точки 5,6; ж – точки 4,6; к – точки 1,2; 3,4; 5,6).

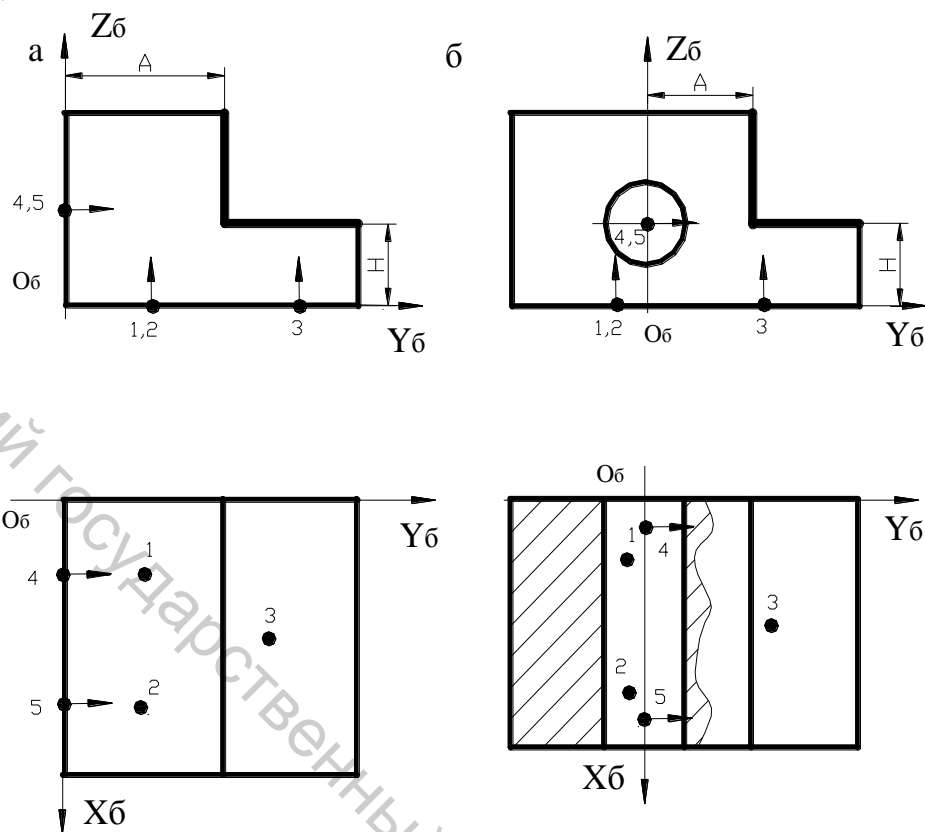


Рисунок 1.20 – Схема реализации направляющей базы с помощью: (а) плоскости, (б) оси цилиндра геометрической модели заготовки

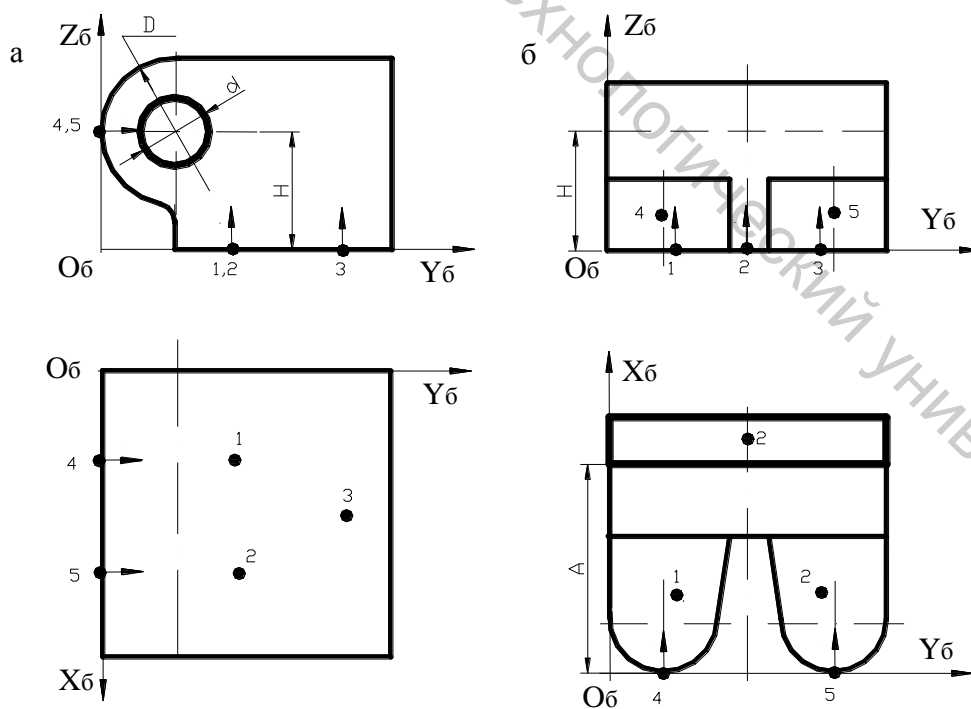


Рисунок 1.21 – Схема реализации направляющей базы с помощью: образующей цилиндра (а), образующими двух наружных цилиндров (б)

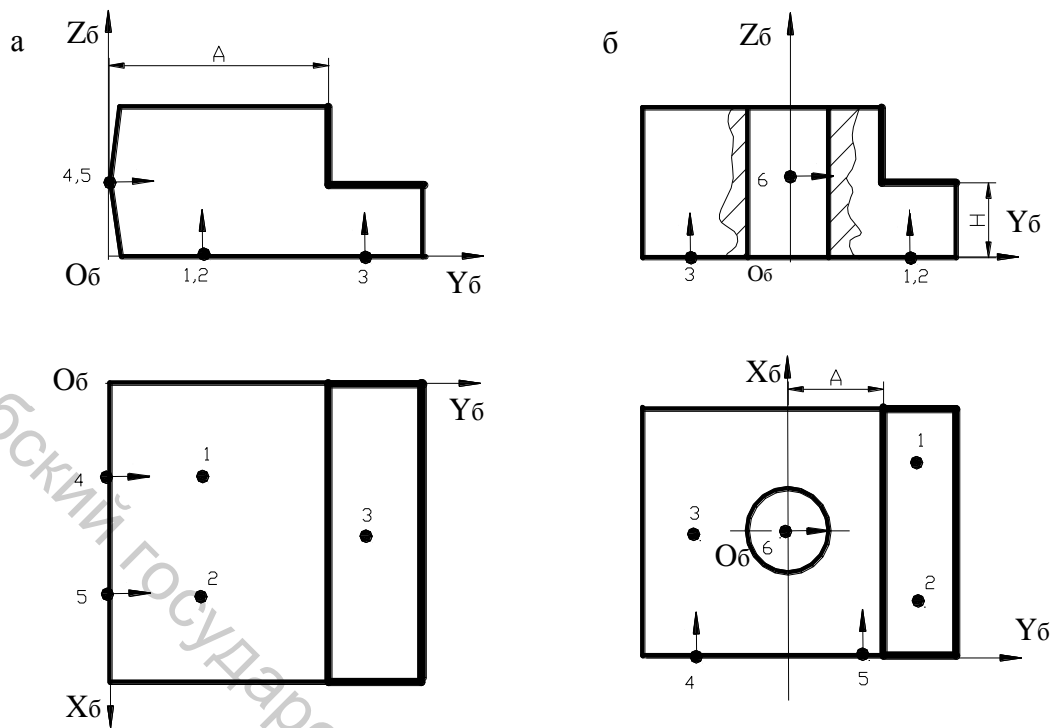
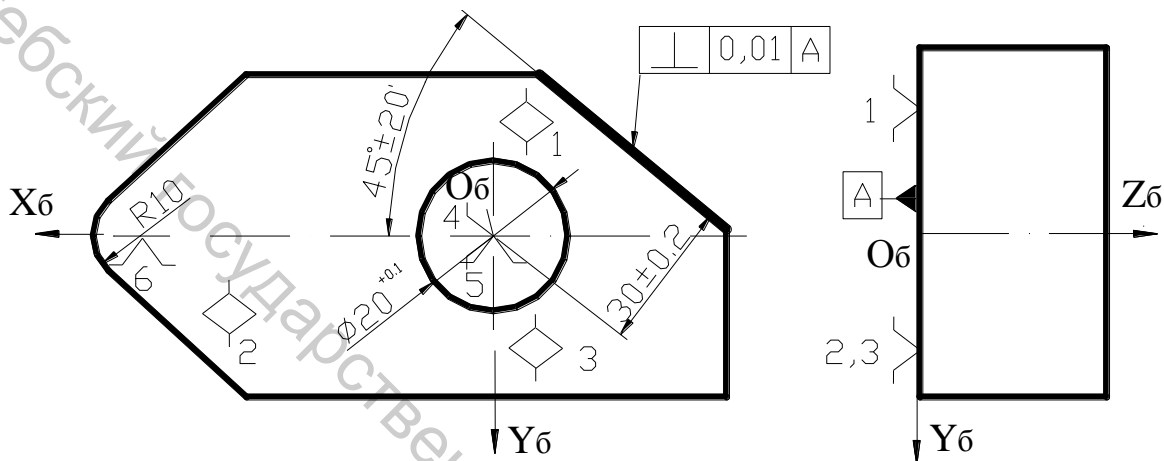


Рисунок 1.22 – Схема реализации направляющей базы с помощью точек, лежащих на: линии пересечения плоскостей (а), опорной базы – с помощью точки на оси цилиндра (б)

С помощью центра сферической поверхности или точки на оси конической поверхности можно реализовать **тройную разнонаправленную (тройную опорную) технологическую базу**, если в центре сферы или в одной из точек оси конуса расположены три слившиеся точки сопряжения, а соответствующие направляющие векторы взаимно перпендикулярны (рисунок 1.15; 1.16д,ж,з – точки 1, 2, 3). Обычно в эту базу помещают начало базовой системы координат. Тройная разнонаправленная (тройная опорная) база накладывает три связи: определенность положения обрабатываемого элемента заготовки вдоль осей БСК.

С помощью достаточно длинной оси цилиндрической поверхности заготовки можно реализовать **четверную (двойную направляющую) технологическую базу**, если на этой оси расположены четыре попарно слившиеся точки сопряжения, а направляющие векторы, выходящие из каждой пары слившихся точек сопряжения, взаимно перпендикулярны. Можно представить двойную направляющую базу как сочетание двух лежащих на одной оси и перпендикулярных двойных однонаправленных (направляющих) баз или двух лежащих на одной оси двойных разнонаправленных (двойных опорных) баз. Четверная (двойная направляющая) база накладывает четыре связи: определенность расстояния обрабатываемого элемента заготовки вдоль двух осей базовой системы координат (две связи), перпендикулярных оси, которая реализует данную базу, и определенность углового положения (поворота) вокруг этих же осей (еще две связи) (рисунок 1.15; 1.16в,г, точки 1–4).

На рисунках 1.23 и 1.24 показаны примеры *схемы базирования* заготовки. Состояние заготовки отражается совокупностью размеров и углов, характеризующих положение обработанного конструктивного элемента (в данном случае плоскости, выделенной жирной линией) относительно технологических баз (собственной системы координат). Это расстояние от оси Zб, равное  $30 \pm 0,2$  мм, допуск перпендикулярности относительно плоскости Xб Oб Yб и угол  $45^\circ \pm 20'$  относительно плоскости Xб Oб Zб. Острые значка следует направлять в соответствии с направлением направляющего вектора.



условные обозначения направляющих векторов:



Рисунок 1.23 – Пример схемы базирования

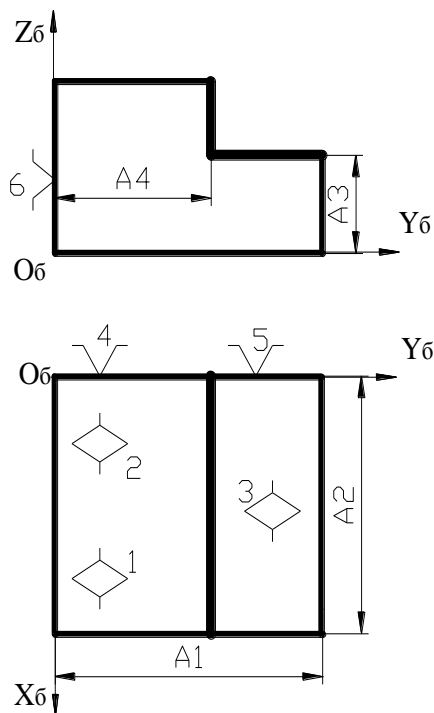


Рисунок 1.24 – Пример схемы базирования

Возможные варианты схем базирования можно условно разделить на четыре класса. Первый класс объединяет варианты схем базирования, в которых главной является тройная однонаправленная (установочная) база. Эта база сочетается в комплект либо с двойной однонаправленной (направляющей) и одиночной (опорной) (рисунок 1.24), либо с двойной разнонаправленной (двойной опорной) и одиночной (опорной) базами (рисунки 1.23 и 1.25).

Второй класс объединяет варианты схем базирования, в которых главной является четверная (двойная направляющая) база (ось "длинного" цилиндра). Эта база сочетается в комплект либо с двумя одиночными (опорными) (рисунок 1.26), либо с двойной разнонаправленной (двойной опорной) базой.

К третьему классу относятся варианты схем базирования, в которых главной является тройная

разнонаправленная (тройная опорная) база. Эта база сочетается в комплект либо с двойной однонаправленной (направляющей) и одиночной (опорной) базами, либо с двойной разнонаправленной (двойной опорной) и одиночной (опорной) базами, либо с тремя одиночными (опорными) базами (рисунки 1.27 и 1.28).

К четвертому классу относятся варианты схем базирования, где нет главной базы, а комплект технологических баз образуется сочетанием трех одинаковых (двойных однонаправленных (направляющих) или двойных разнонаправленных (двойных опорных) (рисунок 1.29)) баз.

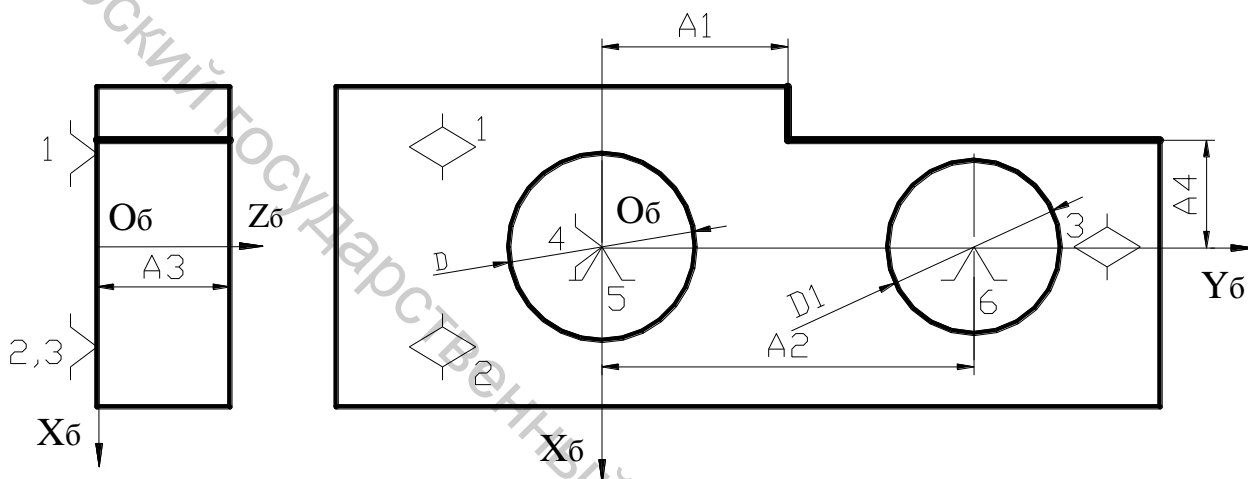


Рисунок 1.25 – Пример схемы базирования первого класса (с двойной опорной базой)

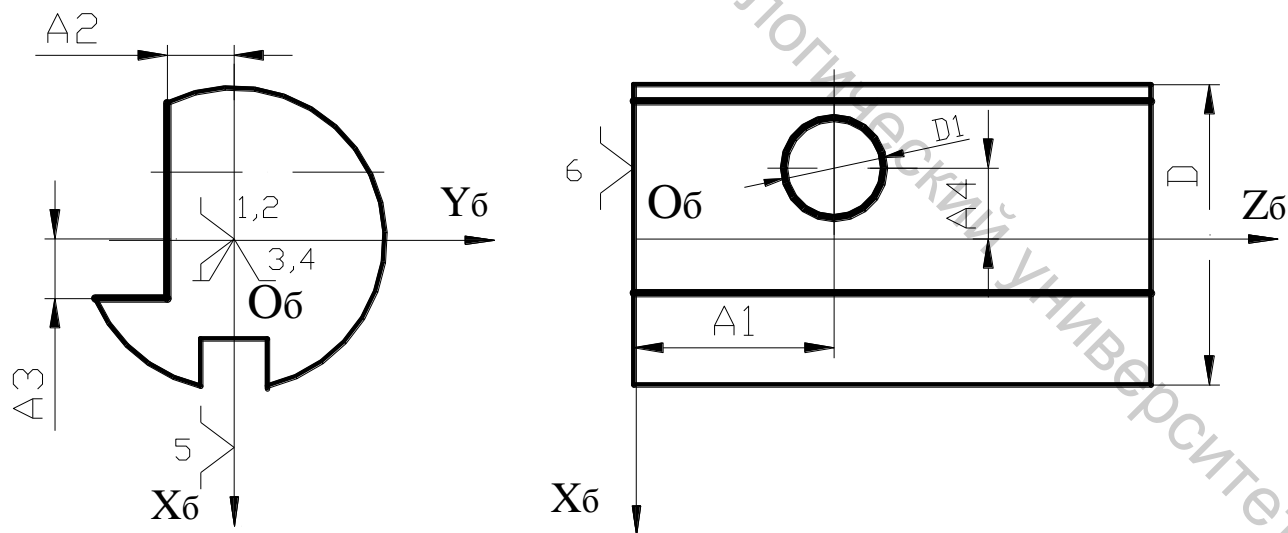


Рисунок 1.26 – Пример схемы базирования второго класса

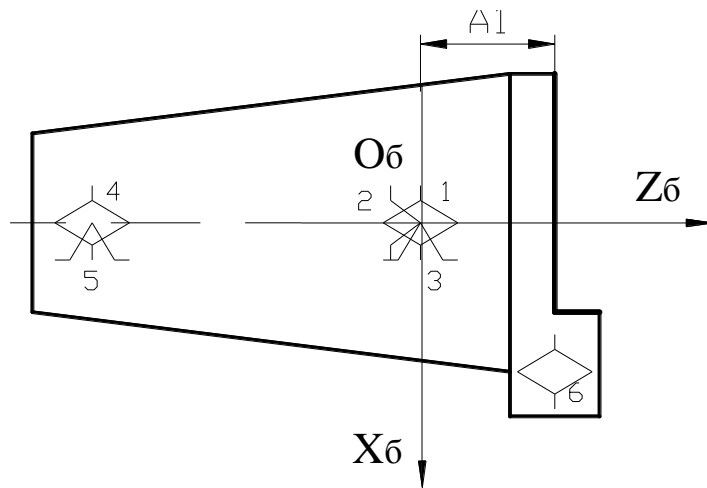


Рисунок 1.27 – Пример схемы базирования третьего класса

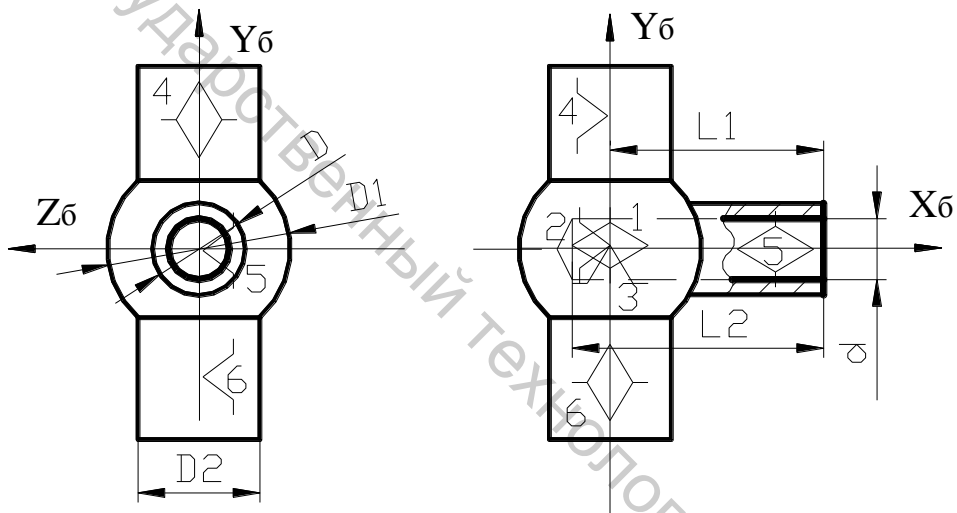


Рисунок 1.28 – Пример схемы базирования третьего класса

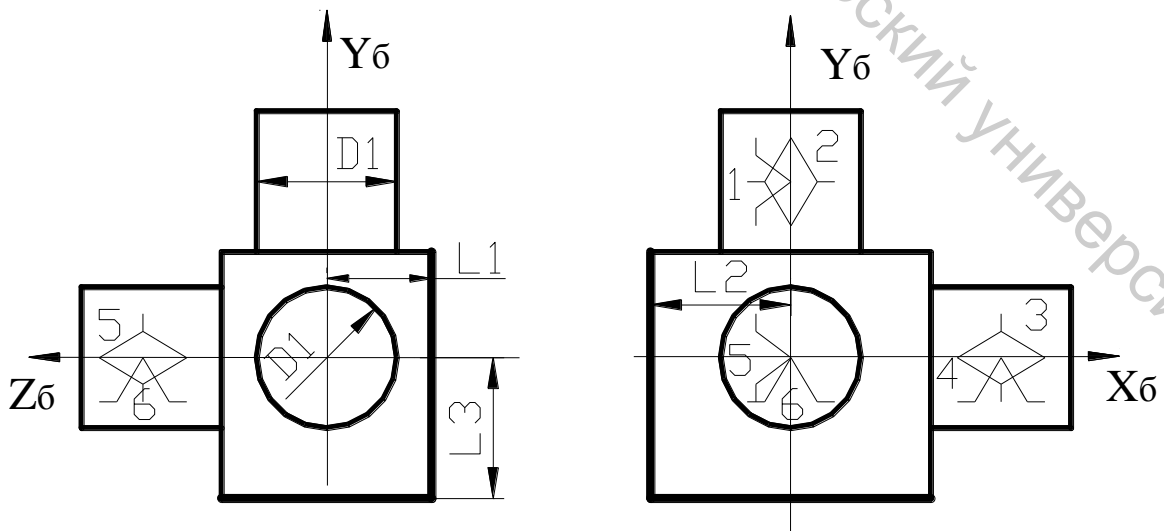


Рисунок 1.29 – Пример схемы базирования четвертого класса

Под **настроечной** базой будем понимать обрабатываемую поверхность, по отношению к которой заданы размеры и (или) относительные повороты другой обрабатываемой поверхности при той же схеме базирования.

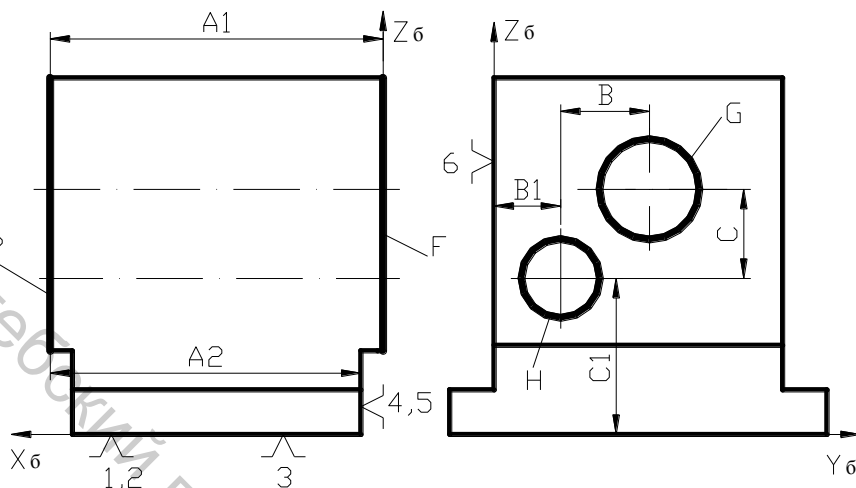


Рисунок 1.30 – Настроечные базы при обработке заготовки на станке с ЧПУ, оснащённом поворотным столом

Первая обрабатываемая поверхность ориентирована относительно технологических баз.

Так, например, при обработке подшипникового гнезда (рисунок 1.30) при обработке поверхности *M* настроечной базой является поверхность *K*. При обработке поверхности *P* на станке с ЧПУ, оснащённом поворотным столом (рисунок 1.31), настроечной базой является поверхность *F*, а при обработке отверстия *G* настроечной базой является поверхность *H* (цепной метод простановки

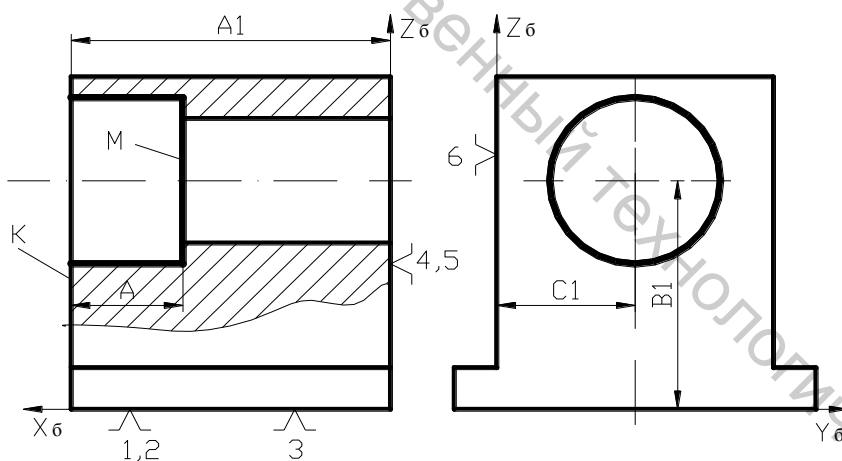


Рисунок 1.31 – Настроечная база при растачивании отверстия

размеров на чертеже).

Если от комплекта технологических баз ориентируются две поверхности и расстояния (относительные повороты) до них заданы цепным методом, то поверхность, связанная с технологической базой, и будет являться настроечной базой. Если цепным методом задано несколько поверхностей, то каждая предыдущая поверхность в цепи будет для последующей настроечной базой.

Под теоретической **схемой установки** будем понимать графическое изображение геометрической модели заготовки (абсолютно твердого тела, поверх-

ности которого (в том числе плоскости, оси и центры симметрии) идеальны) в состоянии после выполнения рассматриваемой операции, на которой выделены обработанные поверхности, проставлены выдерживаемые размеры и допуски взаимного расположения, условные обозначения установочных и установочно-зажимных элементов, точки приложения и направления силы закрепления.

На рисунке 1.32 показана *схема установки*, соответствующая схеме базирования, показанной на рисунке 1.23, а также проведена установочная система координат.

Условными знаками обозначены три плоские опоры, с которыми соприкасается установочная база  $\triangle^3$ , цилиндрический палец  $\curvearrowright$  и подвижная

призма  $\triangle$  согласно ГОСТ 3.1107–81 «Опоры, зажимы, и установочные устройства. Графические обозначения». Сила закрепления, приложенная вблизи обрабатываемой плоскости, направлена на плоские опоры.

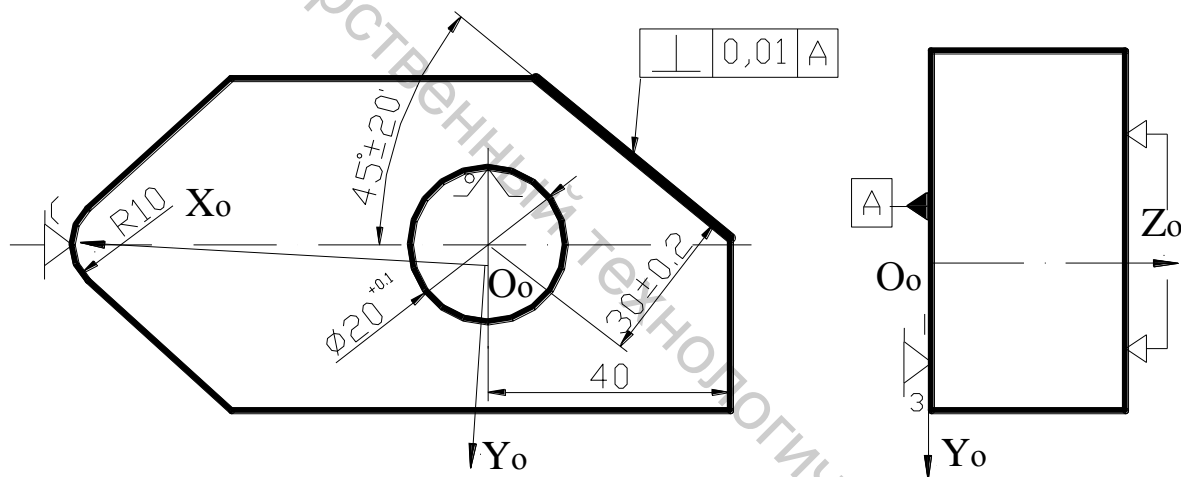


Рисунок 1.32 – Пример схемы установки

В приложении Б приведены условные обозначения установочных и зажимных компонентов приспособлений. Причем в приложении установлено соответствие установочного компонента проектной технологической базе. На рисунках 1.33...1.36. приведены примеры схем установки. Следует отметить, что в указанном ГОСТе отсутствует обозначение некоторых современных опор, зажимов и установочных устройств. Так, например, в нем нет обозначений для клиновых оправок, оправок с тарельчатыми пружинами, клиноплунжерных оправок, втулок, полувтулок и др. В приложении Б на такие элементы приводятся рекомендуемые обозначения.

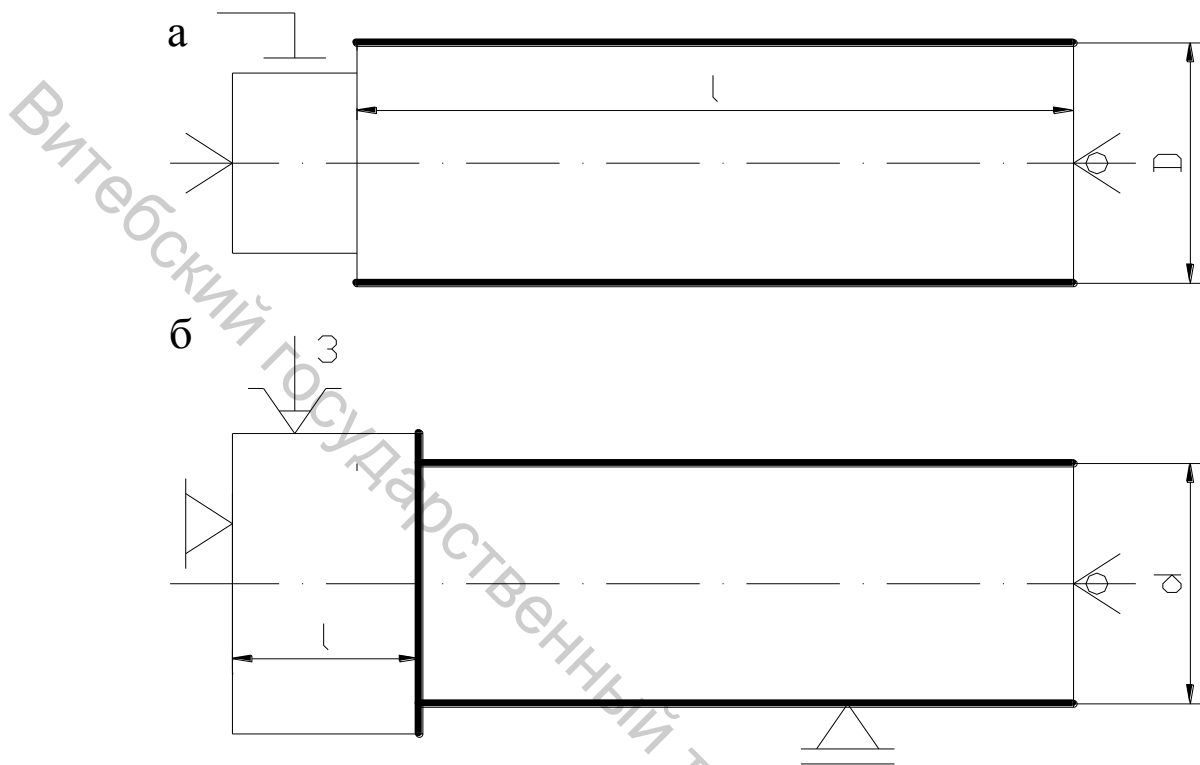


Рисунок 1.33 – Схемы установки цилиндрических заготовок:  
 а – в центрах и поводковом патроне; б – в трехкулачковом патроне, вращающемся центре и подвижном люнете

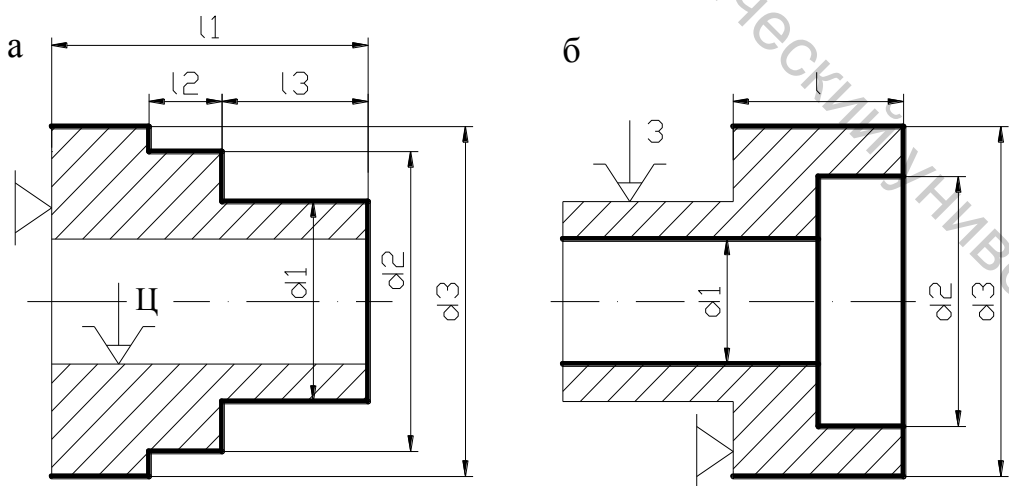


Рисунок 1.34 – Схемы установки цилиндрических заготовок:  
 а – в цанговой оправке; б – в трехкулачковом патроне

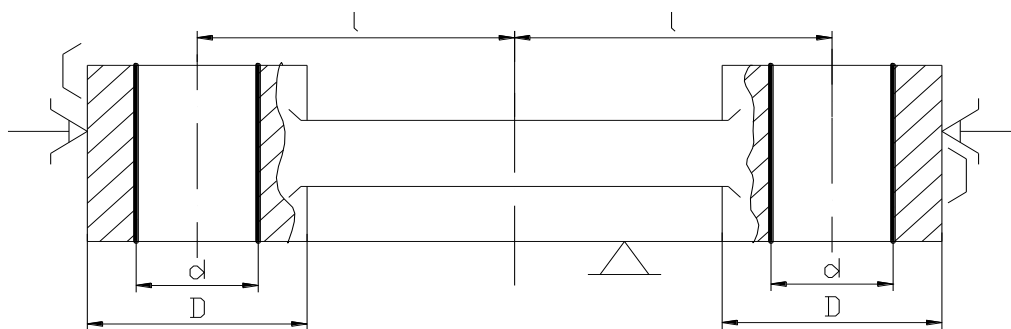
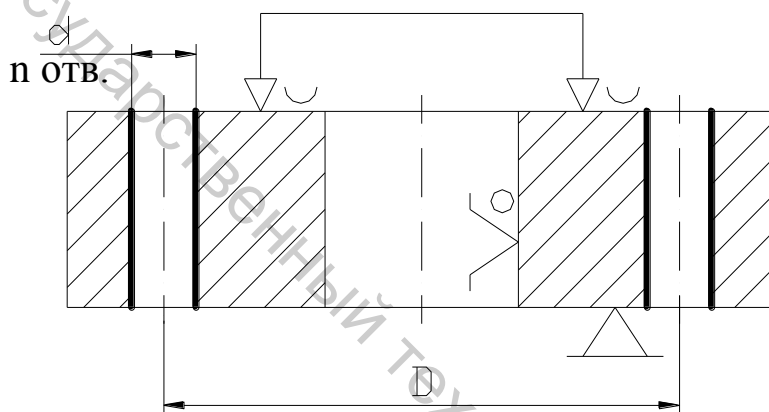


Рисунок 1.35 – Схема установки заготовки в самоцентрирующих тисках с призматическими губками



Рисуно 1.36 – Схема установки заготовки на плоскость и цилиндрический палец

Таким образом, процесс разработки модели установки заготовки предлагается разделить на пять этапов:

- 1) определение **комплекта баз ориентации**;
- 2) разработка **теоретической схемы базирования** (определение числа налагаемых связей);
- 3) разработка **теоретической схемы установки** (выдача задания на проектирование оснастки);
- 4) оценка **погрешности схемы установки**;
- 5) разработка (или выбор) **конструктивной модели приспособления**.

При переходе от первого этапа проектирования к последнему происходит наращивание объема информации о реальном процессе установки. Однако никогда модель установки не может быть тождественна реальному процессу, да это и не требуется.

## 1.4 Размерная настройка

Кроме элементов расположения (параллельность, перпендикулярность, угол) при обработке необходимо обеспечить заданные расстояния. Это обеспечивается **размерной настройкой**. При обработке на настроенном станке партии заготовок заданные размеры (расстояния) обеспечиваются соответствующим реальным базированием.

Под размерной настройкой будем понимать ориентацию формообразующих элементов режущей кромки инструмента относительно технологических баз обрабатываемой заготовки и ограничение длины рабочего хода. Если базирование заготовки осуществляется методом сопряжения, то режуще-формообразующая кромка ориентируется относительно установочных элементов приспособления (рисунок 1.37).

Наиболее простым методом размерной настройки является настройка по эталону (рисунок 1.38).

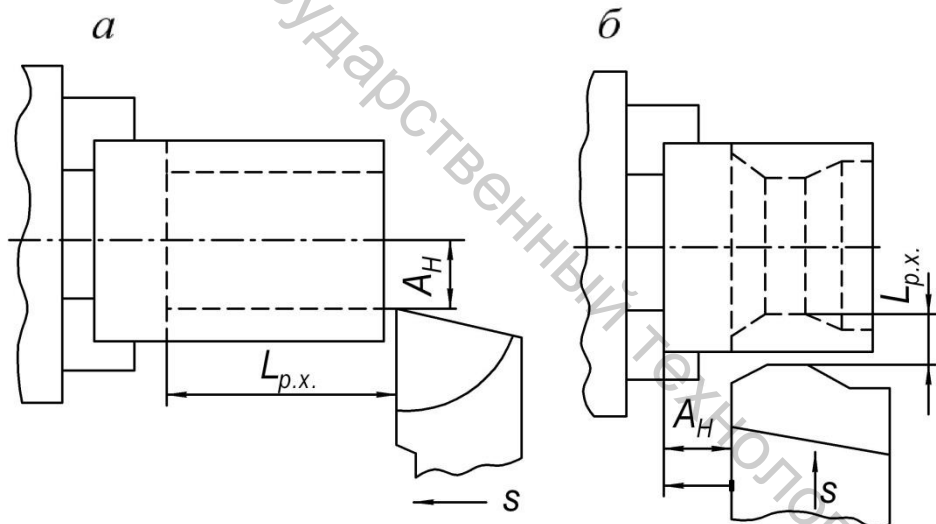


Рисунок 1.37 – Схема размерной настройки при токарной обработке:

а – с продольной подачей  $s_{\text{прод}}$ ; б – с поперечной подачей  $s_{\text{поп}}$ ;  $L_{\text{р.х}}$  – длина рабочего хода;  $A_{\text{н}}$  – размер настройки

эталону (рисунок 1.38). Чтобы повысить точность настройки и не повредить режущую кромку инструмента 3 при его подводе к эталону 2, применяют промежуточный элемент щуп 4 заданной толщины. Тогда размер эталона (расстояние от установочного элемента) определяется из выражения

$$A_{\text{эт}} = A_{\text{н}} - b,$$

где  $A_{\text{эт}}$  – размер (высота) эталона,  $A_{\text{н}}$  – размер настройки.

В некоторых случаях в качестве начала отсчета при размерной настройке используется технологическая база. Пример такой настройки показан на рисунке 1.39. Заготовка 1 предварительно базируется и закрепляется на столе 2. При помощи щупа 3 калиброванная оправка 4, установленная в шпиндель станка, фиксируется в начальной позиции. Затем при помощи механизмов ручной подачи стола и бабки шпинделя осуществляется перемещение на расстояния  $x$  и  $y$  для совмещения осей шпинделя ( $O$ ) с осью будущего (расточиваемого) отверстия ( $O_1$ ). Где

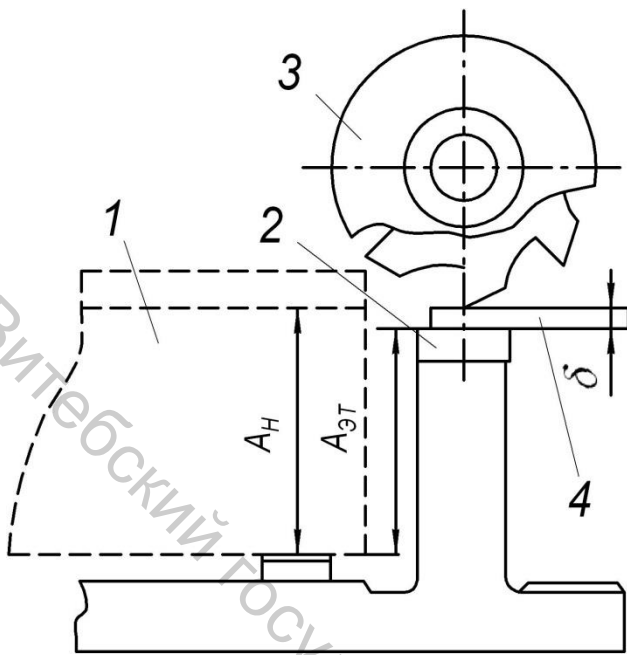


Рисунок 1.38 – Схема размерной настройки по эталону

$$x = A + b + d/2;$$

$$y = B - b - d/2.$$

Отсчет перемещений осуществляется при помощи лимба или набора концевых мер с индикатором.

Пример настройки при обработке отверстия, расположенного под углом к оси другого отверстия, показан на рисунке 1.40. Заготовка с помощью индикатора базируется и фиксируется на столе координатно-расточного станка таким образом, чтобы ось оправки с шариком и ось заготовки совпали. Далее осуществляется поворот стола на заданный угол  $\alpha$  по отношению к оси шпинделя. Ось шпинделя (при помощи

индикатора) устанавливается в нуль относительно шарика оправки. Затем осуществляется отвод стола на расстояние  $x$ , где

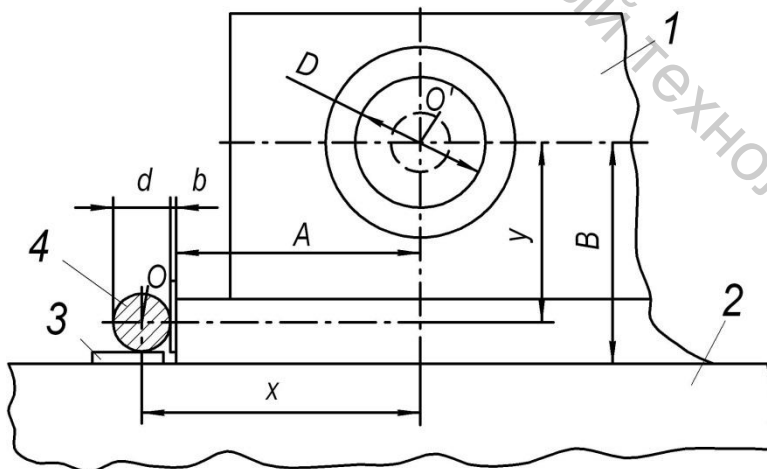


Рисунок 1.39 – Схема настройки на размеры  $A$  и  $B$  от технологических баз с помощью шкал и лимбов приводов перемещений горизонтально-расточного станка для растачивания отверстия

$$x = \frac{D}{2} \cos \alpha + (L - a) \sin \alpha.$$

При размерной настройке резцов в расточных борштангах применяют эталоны или приборы типа «наездник» (рисунок 1.41). Прибор 1, оснащенный индикатором 3 часового типа, настраивается предварительно по изготовленной для этой цели втулке с наружным диаметром  $d = 2 \cdot A_n$ . Эта втулка по скользящей посадке устанавливается на борштангу. Иногда

призма прибора 1 снабжается магнитом, который при необходимости можно выключить. Такой прибор удобнее простого (без магнита). Точность установки резцов по прибору 0,005...0,015 мм. Предварительная размерная настройка ин-

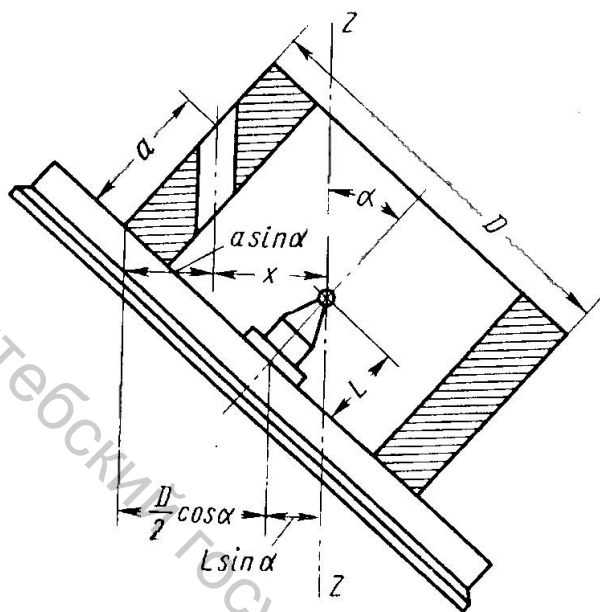


Рисунок 1.40 – Схема настройки для обработки под углом  $\alpha$  на расстоянии  $a$

Таким образом, в памяти УЧПУ формируется необходимое перемещение  $z = A_u - A_n$  для выхода на размер настройки  $A_n$ .

Все описанные выше методы **статической размерной настройки**

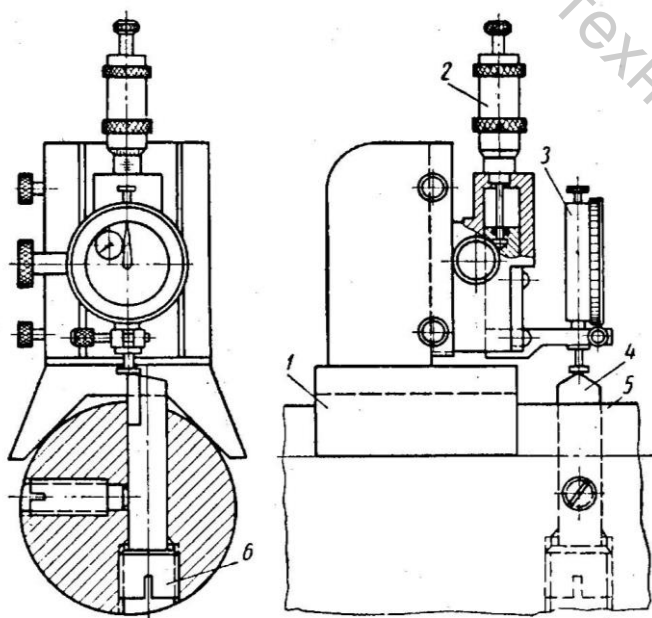


Рисунок 1.41 – Схема настройки реза на размер растачиваемого отверстия

Во многих случаях сразу осуществляется динамическая размерная настройка без статической.

струментов для станков с ЧПУ осуществляется вне станка при помощи оптико-механических приборов.

Некоторые станки с ЧПУ снабжены измерительными преобразователями 2 (рисунок 1.42), которые позволяют осуществить размерную настройку. Для этого каждый из инструментов 1 подводится к измерительному преобразователю 2, который устанавливается на столе станка или на приспособлении с известной высотой  $B_n$ . Система ЧПУ переводится в режим измерения. При отводе шпиндельной бабки в исходное положение системой определяется расстояние  $C_n$ , а следовательно и  $A_u$  от стола до инстру-

имеют общий недостаток – не учитывают действующие в процессе обработки силы и соответствующие им упругие деформации, вследствие которых фактический размер обработки  $A_{\text{факт}}$  никогда не равен размеру настройки  $A_n$ . Последнее обстоятельство во многих случаях имеет существенное значение. Поэтому статическая настройка дополняется динамической, при которой регулирование положения инструментов и упоров, ограничивающих длину рабочего хода, осуществляется на основании результатов замера первых обработанных заготовок.

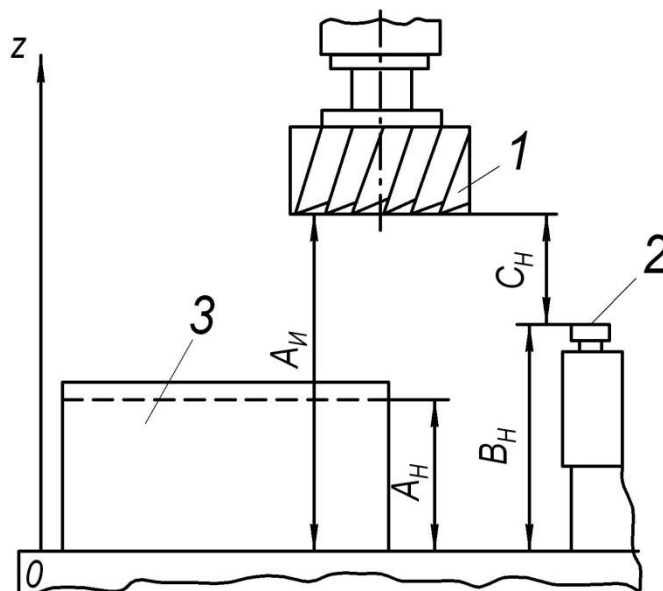


Рисунок 1.42 – Схема размерной настройки инструментов многоцелевого станка с ЧПУ по оси Z

Различают два вида **динамической размерной настройки**: *единичная*, когда процедура настройки повторяется при обработке каждой заготовки, и *настройка на партию заготовок*, когда настроенным на размер инструментом обрабатывается партия заготовок, соответствующая периоду его стойкости. Единичная динамическая размерная настройка осуществляется методами «пробной стружки» и «пробных проходов». Пример первого метода, реализуемого на токарном станке, показан на рисунке 1.43.

После включения вращения шпинделя вершина резца переводится из исходного положения (точка 0) до касания с заготовкой (в точке 1). Затем резец отводится вправо (в точку 2), лимб поперечной подачи устанавливается на нуль и осуществляется переход в точку 3 поперечной подачей на  $(D - d_1) / 2$ . Значение  $d_1$  выбирается согласно неравенству  $d_1 > d$ , где  $d$  – требуемый размер детали. Включается продольная подача, заготовка протачивается на небольшой длине  $L_1$  (переход в точку 4), и резец ускоренно отводится вправо (в точку 5, которая может совпадать с точкой 3). Вращение шпинделя выключается и осуществляется измерение полученного диаметра  $d_1$ . Снова включается вращение шпинделя, вершина резца перемещается в точку 6 на расстояние  $(d_1 - d) / 2$  и заготовка обрабатывается на полную длину  $L$ .

Недостатком данного метода является относительно низкая точность. Кроме того, окончательно на участке длиной  $L_1$  получается уменьшенный размер, так как этот участок обрабатывается с меньшей глубиной резания, чем вся остальная заготовка.

Метод «пробных проходов» отличается от метода «пробной стружки» тем, что предварительно обрабатывается не малый участок заготовки, а вся заготовка. Далее, после отвода в точку 5, проводится коррекция размерной настройки (перевод в точку 6) и повторная обработка на всей длине. Послед-

ную процедуру можно повторять несколько раз, пока не будет достигнут заданный размер. Данный метод обеспечивает высокую точность, ограниченную только точностью измерения, точностью регулировки (по лимбу винта подачи или по индикатору часового типа) и минимальной глубиной резания, с которой может работать данный инструмент. Однако при обработке методом "пробных проходов" существенно теряется производительность.

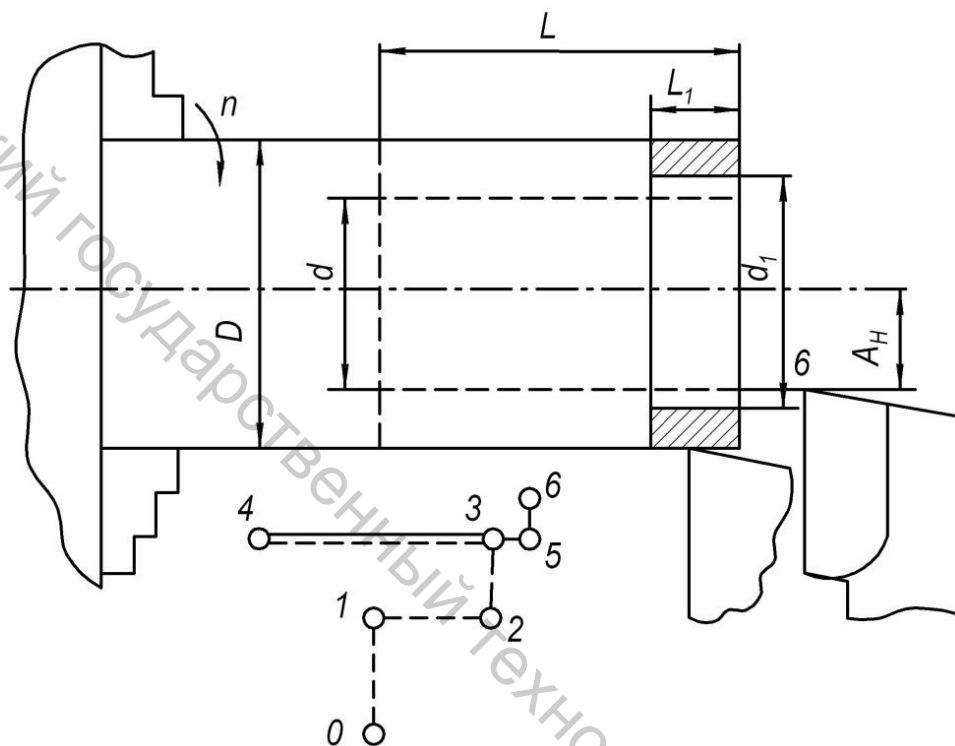


Рисунок 1.43 – Схема размерной настройки методом «пробной стружки»

При динамической размерной настройке на партию заготовок необходимо обеспечить не только заданную точность, но и максимальную долговечность работы инструмента между коррекциями размерной настройки, которые производятся несколько раз за период его стойкости. Основной причиной, вызывающей необходимость этой коррекции, является износ инструмента, из-за которого размер обработки может систематически увеличиваться (для наружной поверхности) или уменьшаться (для внутренней).

Размерная настройка осуществляется в три этапа: 1) индивидуальная настройка по первой заготовке; 2) обработка пробной партии заготовок; 3) анализ результатов измерения деталей пробной партии и первая коррекция, размерной настройки с целью так расположить в пределах поля допуска размера мгновенное поле рассеивания технологического размера, чтобы получать максимальный запас на изнашивание инструмента.

## 1.5 Синтез схем базирования и установки

### 1.5.1 Проектирование схем базирования

Первым шагом решения задачи синтеза состава установочных элементов приспособления является идентификация комплекта баз ориентации. Для этого рассматриваются поверхности сформированных на предыдущем этапе комплектов баз ориентации и определяется характер поверхности (ось поверхности вращения или плоскость).

Всего возможно четыре варианта сочетаний поверхностей (рисунок 1.44). Далее определяется принадлежность рассматриваемого комплекта к одному из четырех описанных выше (глава 2). Комплект О-О-О применяется крайне редко.

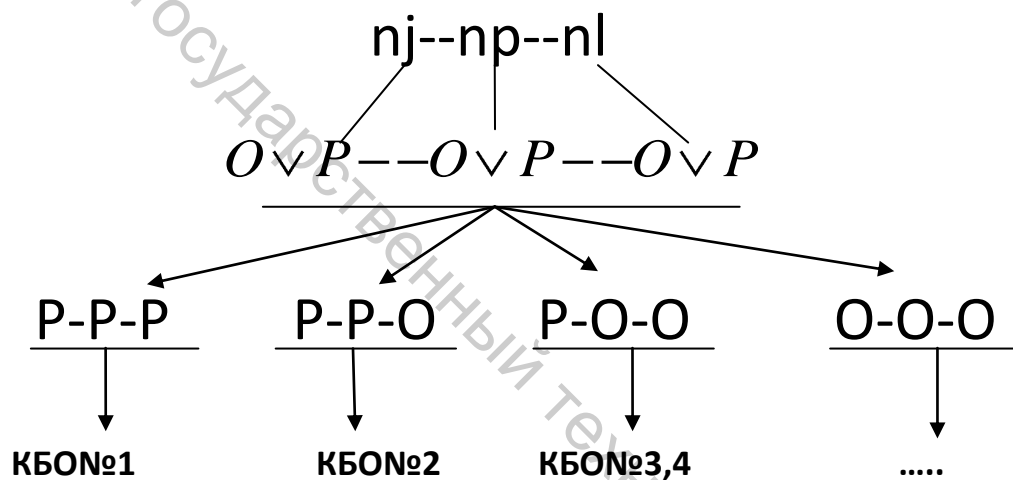


Рисунок 1.44 – Модель идентификации комплекта баз

Для определения функций компонентов комплекта технологических баз ориентации (синтез схемы базирования) следует пользоваться следующими утверждениями.

#### Утверждение 1.

Схема базирования в первую очередь должна обеспечить заданную точность взаимного расположения, а затем точность размеров. Если не обеспечена требуемая точность допуска взаимного расположения, то деталь неизбежно перейдет в неустранимый брак, линейные размеры можно компенсировать.

#### Утверждение 2.

Технологическими базами могут быть назначены только те компоненты геометрической модели заготовки, от которых заданы размеры до обрабатываемых поверхностей и по отношению к которым заданы допуски взаимного расположения (перпендикулярность, параллельность, угол и т.д.) обрабатываемой поверхности. Несоблюдение этого требования приведет к появлению погрешности схемы базирования.

### Утверждение 3.

Точность взаимного (углового) расположения обеспечивают только тройная однонаправленная (установочная), двойная однонаправленная (направляющая) и четверная (двойная направляющая) базы, а также сочетания двойной разнонаправленной (двойной опорной) и одиночной (опорной) баз и тройной разнонаправленной (тройной опорной) и одиночной (опорной) баз.

Например, на рисунке 1.45 преднамеренно поверхность, по отношению к которой задан допуск перпендикулярности плоскости, взята в качестве одиночной (опорной) базы. Опорная (одиночная) база определяет точку, относительно которой под действием силы резания деталь может поворачиваться. Установочная (тройная

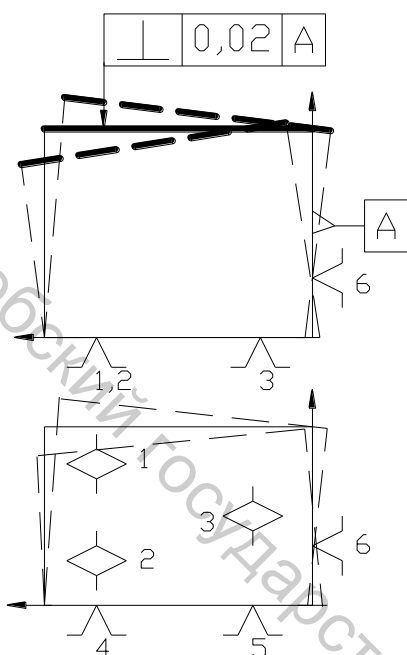


Рисунок 1.45 – Схема базирования, не обеспечивающая допуск перпендикулярности

однонаправленная) база определяет плоскость. В этом случае поворот исключается. Тем самым обеспечивается допуск взаимного расположения.

### Утверждение 4.

Та технологическая база, по отношению к которой удельный допуск взаимного расположения или расстояний более жесткий, должна накладывать больше связей. Под удельным допуском понимается допуск взаимного расположения, приведенный к одной базовой длине.

Например, на рисунке 1.46 базовая поверхность Б определена тремя направляющими векторами 1-3 как плоскость. Двойная однонаправленная (направляющая) база (точки 4,5) определяет линию. Перпендикулярность относительно плоскости А, в отличие от плоскости Б, в полном объеме не может

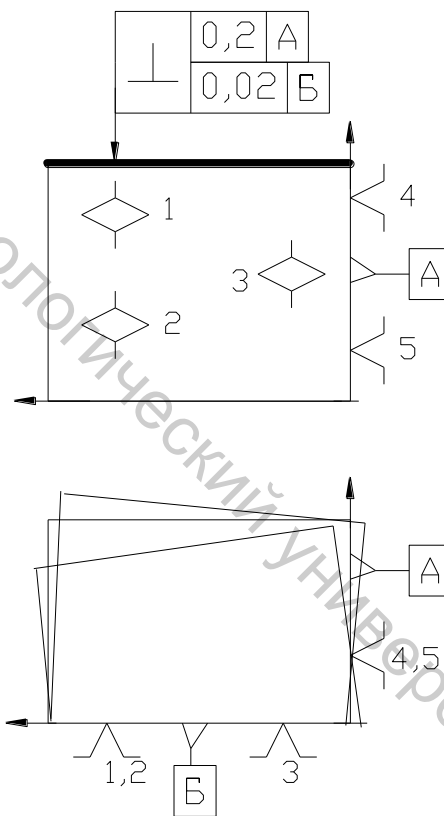


Рисунок 1.46 – Схема базирования, обеспечивающая требования к перпендикулярности плоскости

быть обеспечена. К плоскости Б допуск жестче, следовательно, его обеспечение является приоритетным для конструктора. Поэтому именно плоскость Б – тройная однонаправленная(установочная) база.

Разработан массив продукционных моделей для назначения вида компонентов комплекта технологических баз из 62 алгоритмов (приложения В и Д). Структура массива полностью соответствует вариантам корректного задания допусков взаимного расположения относительно комплектов баз (см. раздел 1.3). Каждому варианту задания допуска ставится в соответствие алгоритм определения вида компонента комплекта. Для комплекта баз ориентации № 2 на рисунке 1.47 приведены элементы массива алгоритмов на языке алгебры логики.

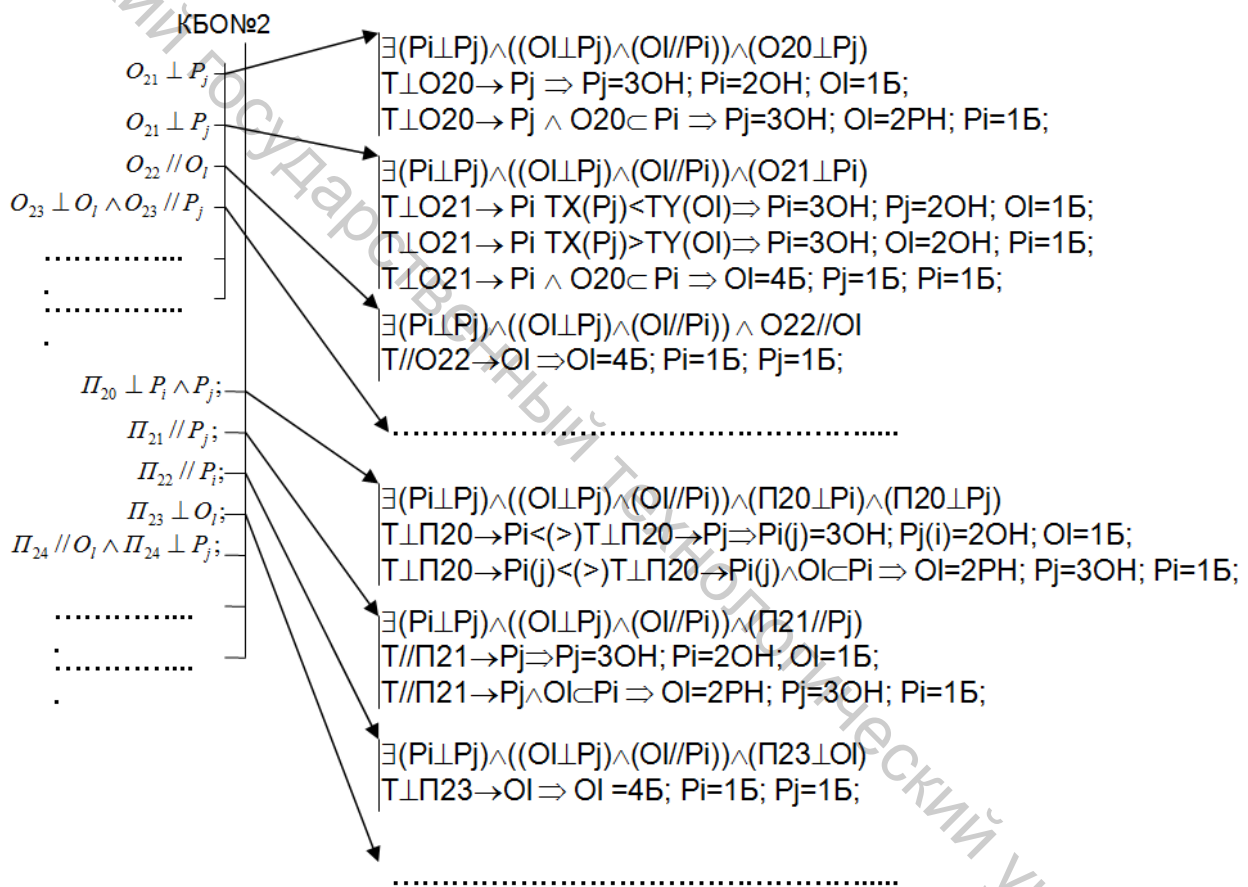


Рисунок 1.47 – Элементы массива продукционных моделей для комплекта баз №2

Например, алгоритм O21 означает: если существует комплект технологических баз состоящий из двух взаимно перпендикулярных плоскостей  $P_i \perp P_j$  и оси  $(O_i \perp P_j) \wedge (O_i // P_i)$ , перпендикулярной одной из них (параллельной другой), и задан допуск перпендикулярности оси поверхности вращения O21 относительно плоскости  $P_i$ , а допуск линейного размера относительно  $P_j$  меньше допуска линейного размера относительно  $O_i$ , то плоскость  $P_i$  назначается тройной однонаправленной (установочной) базой, плоскость  $P_j$  – двойной однонаправлен-

ной (направляющей), ось  $O_1$  – одиночной (опорной). Если допуск линейного размера относительно  $P_j$  больше допуска линейного размера относительно  $O_1$ , то плоскость  $P_i$  назначается тройной однонаправленной (установочной) базой, ось  $O_1$  двойной однонаправленной (направляющей), плоскость  $P_j$  одиночной (опорной) базами. В частном случае, если плоскость  $P_i$  совпадает с осью  $O_1$ , то ось  $O_1$  назначается четверной (двойной направляющей) базой, плоскости  $P_i$  и  $P_j$  назначаются одиночными (опорными) базами (приложение В рисунок 1.48).

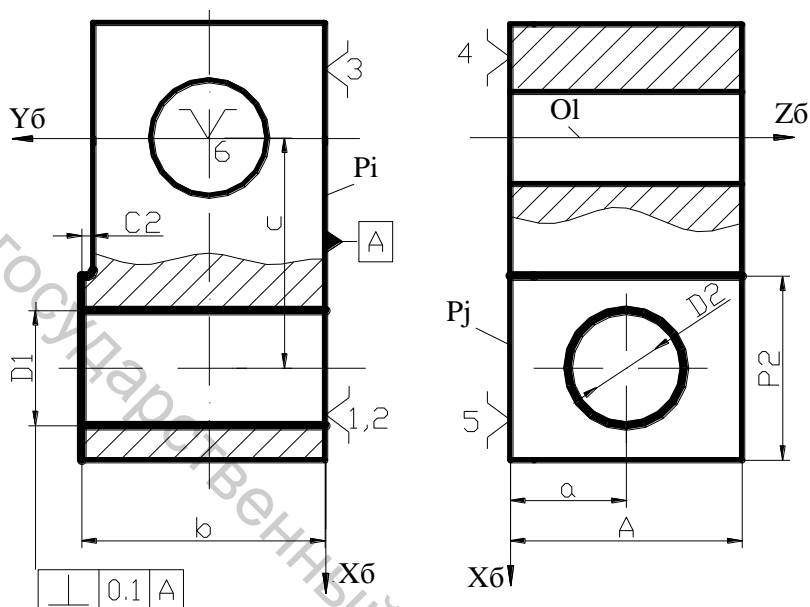


Рисунок 1.48 – Пример назначения вида компонентов комплекта технологических баз по правилу  $O_{21}$

Алгоритм  $O_{11}$  гласит: если существует комплект технологических баз, состоящий из трех взаимно перпендикулярных плоскостей  $P_i \perp P_j \perp P_k$ , и заданы допуски параллельности главной оси ФМ  $O_{11}$  относительно плоскостей  $P_i$  и  $P_j$ , а численное значение допуска параллельности оси относительно плоскости  $P_{i(j)}$  меньше численного значения допуска параллельности оси относительно плоскости  $P_{j(i)}$ , то плоскость  $P_{i(j)}$  назначается тройной однонаправленной (установочной) базой, плоскость  $P_{j(i)}$  – двойной однонаправленной (направляющей), плоскость  $P_k$  – одиночной (опорной) базами. Аналогично определяются компоненты комплекта, если задан допуск параллельности оси относительно плоскостей  $P_i$  и  $P_k$ ,  $P_j$  и  $P_k$  (рисунок 1.49).

$$\begin{aligned} & \exists (P_i \perp P_j \perp P_k) \wedge ((O_{11} // P_i) \wedge (O_{11} // P_j)) \vee ((O_{11} // P_i) \wedge (O_{11} // P_k)) \vee ((O_{11} // P_j) \wedge (O_{11} // P_k)) \\ & T // O_{11} \rightarrow P_{i(j)} < T // O_{11} \rightarrow P_{j(i)} \Rightarrow P_{i(j)} = 3\text{ОН}; P_{j(i)} = 2\text{ОН}; P_k = 1\text{Б}; \\ & T // O_{11} \rightarrow P_{i(k)} < T // O_{11} \rightarrow P_{k(i)} \Rightarrow P_{i(k)} = 3\text{ОН}; P_{k(i)} = 2\text{ОН}; P_j = 1\text{Б}; \\ & T // O_{11} \rightarrow P_{j(k)} < T // O_{11} \rightarrow P_{k(j)} \Rightarrow P_{j(k)} = 3\text{ОН}; P_{k(j)} = 2\text{ОН}; P_i = 1\text{Б}. \end{aligned}$$

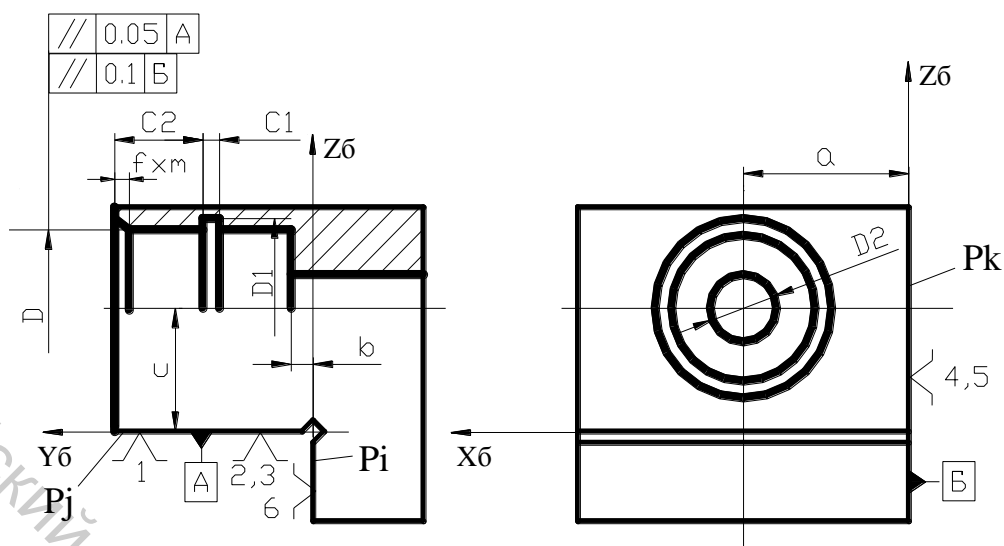


Рисунок 1.49 – Пример назначения вида компонентов комплекта технологических баз по правилу O11

Алгоритм П 34 означает: если заданы допуски перпендикулярности плоскости  $\Pi_{34}$  относительно плоскости  $P_i$  и углового расположения относительно плоскости  $\{O_1O_n\}$  и численное значение допуска перпендикулярности относительно  $P_i$  меньше численного значения допуска углового расположения относительно  $\{O_1O_n\}$ , то плоскость  $P_i$  назначается тройной однонаправленной (установочной) базой, одна из осей, от которой задан линейный размер, – двойной разнонаправленной (двойной опорной), вторая – одиночной (опорной) базами. Если численное значение допуска перпендикулярности относительно  $P_i$  больше численного значения допуска углового расположения относительно  $\{O_1O_n\}$ , то плоскость  $\{O_1O_n\}$  назначается тройной однонаправленной (установочной) базой,  $P_i$  – двойной однонаправленной (направляющей), одна из осей, от которой задан линейный размер, – одиночной (опорной) базами (рисунок 1.23).

Или в символьном виде:

$$\exists (O_1 \perp P_i \wedge O_n \perp P_i) \wedge (\Pi_{34} \angle \{O_1O_n\} \wedge \Pi_{34} \perp P_i)$$

$$T \angle \Pi_{34} \rightarrow \{O_1O_n\} > T \perp \Pi_{34} \rightarrow P_i \Rightarrow P_i = 3OH; O_{l(n)} = 2PH; O_{n(l)} = 1B;$$

$$T \angle \Pi_{30} \rightarrow \{O_1O_n\} < T \perp \Pi_{30} \rightarrow P_i \Rightarrow \{O_1O_n\} = 3OH; P_i = 2OH; O_{n(l)} = 1B \text{ и т. д.}$$

При использовании данной методики логика синтеза проектной базы заменяется логикой выбора, что не совсем удобно для человека, но легко реализуемо с помощью ЭВМ.

Задача проектирования схем базирования актуальна и для немашинного проектирования. Синтез схемы базирования «вручную» рекомендуется выполнять согласно приведенным ниже шагам.

**Первый шаг.** Построить геометрическую модель заготовки с выделением обрабатываемых поверхностей, указанием размерных связей и допусков взаимного расположения, которые необходимо обеспечить на операции.

**Второй шаг.** Проверив правильность задания допусков взаимного расположения ФМ согласно шестидесяти двум правилам однозначности и корректности и выявив, если необходимо, неуказанные допуски относительного расположения (перпендикулярность, соосность, симметричность), определить комплект технологических баз ориентации.

**Третий шаг.** Сформировать базовую систему координат.

**Четвертый шаг.** Определить вид каждого из компонентов установленного комплекта баз (число налагаемых связей) согласно утверждениям 3, 4 и 5.

В качестве примера проведем обоснование схемы базирования, приведенной на рисунке 1.23, согласно указанному выше алгоритму.

**Первый шаг.**

Обрабатываемая поверхность – плоскость, перпендикулярная плоскости А, расположенная под углом  $45^\circ \pm 20'$  к плоскости, проходящей через ось отверстия  $\varnothing 20^{+0,1}$  и ось скругления R10, и находящаяся на расстоянии  $30 \pm 0,2$  от оси отверстия  $\varnothing 20^{+0,1}$ .

**Второй шаг.** Согласно утверждению 2 комплект технологических баз будет состоять из плоскости А и двух перпендикулярных к ней осей (ось отверстия  $\varnothing 20^{+0,1}$  и ось скругления R10, что соответствует №3 в таблице 1.1). Расположение обрабатываемой плоскости согласно пункту П34 задано корректно и однозначно.

**Третий шаг.** Согласно таблице 1.1 строится базовая система координат.

**Четвертый шаг.** Согласно утверждениям 3, 4 и 5 плоскость А назначается тройной однонаправленной (установочной) базой (обеспечивает перпендикулярность с максимальной точностью). Ось отверстия  $\varnothing 20^{+0,1}$  назначается двойной разнонаправленной (двойной опорной) базой, а ось скругления R10 – одиночной (опорной).

В том случае, если относительно комплекта ориентируется несколько главных поверхностей конструктивных элементов, то вид компонента комплекта определяется с помощью ранжирования численных значений допусков по компонентам комплекта и последующего определения приоритета компонента (в зависимости от этого значения). Например, если относительно комплекта баз, состоящего из трёх взаимно перпендикулярных плоскостей, ориентируется две оси и заданное численное значение допуска перпендикулярности одной оси относительно одной плоскости меньше численного значения допуска перпендикулярности второй оси относительно второй плоскости, то первая плоскость назначается тройной однонаправленной (установочной) базой, а вторая – двойной однонаправленной (направляющей).

## 1.5.2 Проектирование схем установки

Задачу структурного синтеза схемы установки предлагается решать в терминах абстрактных условных установочных элементов. Для чего применен ме-

тод типовых технических решений (Тр), при реализации которого вид компонента схемы базирования заменяются соответствующими условными установочными элементами.

Замену элемента схемы базирования элементом схемы установки предлагается осуществлять с помощью схемы соответствия вида компонента установочным элементам (рисунок 1.50, приложение Б) и таблицы сокращения вариантов технических решений (приложение Г, элементы приведены в таблице 1.2).



Рисунок 1.50 – Фрагмент схемы соответствия вида компонента возможным установочным элементам

Следует отметить, что в ГОСТ 3.1107–81 (СТ СЭВ 1803–79) отсутствует обозначение некоторых используемых в настоящее время опор, зажимов и установочных устройств. Так, например, в ГОСТ нет обозначений для магнитной плиты, клиновых оправок, оправок с тарельчатыми пружинами, клиноплунжерных оправок, втулок, полувтулок и др.

Для реализации метода синтеза технических решений необходимо отобрать варианты установочных компонентов для реализации проектных баз комплекта ТБ. Выбранные компоненты заносятся в морфологическую таблицу, столбцы которой соответствуют функциям реализации той или иной технологической базы и закрепления, а строки – вариантам функциональных компонентов. Для комплекта проектных технологических баз – тройная однонаправленная (установочная), двойная однонаправленная (направляющая), одиночная (опорная), абстрактная морфологическая таблица будет иметь вид, представ-

ленный в таблице 1.3. Здесь Ф1, Ф2, Ф3– функции наложения определенного числа связей.

Таблица 1.2 – Элементы таблицы сокращения вариантов

База	Код	Тип производства					Габариты и масса обрабатываемой детали				...
		е	мс	с	кс	м	м	с	к	ок	...
<b>3ОН</b>	Тр 1.1	х	х	х			х	х			...
	Тр 1.2	х	х	х	х	х		х	х	х	...
	Тр 1.3	х	х	х	х	х		х	х	х	
	...										...
<b>2ОН</b>	Тр 2.1	х	х	х			х	х			...
	Тр 2.2	х	х	х	х			х	х	х	...
	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	..

При выборе вариантов технических решений, заносимых в морфологическую таблицу, с помощью таблицы сокращения вариантов учитываются следующие ограничения: тип производства, габариты и масса обрабатываемой детали, показатели качества базы, поверхность базирования (наружная, внутренняя), тип поверхности, характер базы (явная, скрытая), вид обработки (отделочная, чистовая, предварительная).

Таблица 1.3 – Морфологическая таблица

Функции		
Ф1	Ф2	Ф3
Тр 1.1.	Тр 2.1.	Тр 3.1.
Тр 1.2.	Тр 2.2.	Тр 3.2.
.....	.....	.....
Тр 1.i.	Тр 2.j.	Тр 3.k.

Окончательно решение о выборе необходимого набора компонентов может быть принято с помощью

интегральных показателей сложности состава компонентов схемы установки на основе коэффициентов сложности (стоимости) установочных, установочно-зажимных компонентов.

Если в морфологической таблице число сочетаний компонентов невелико, (до 20) и проектирование проводится без помощи ЭВМ, то выбор наилучшего варианта комплекта возможен путем полного перебора сочетаний компонентов.

В противном случае число рассматриваемых вариантов уменьшается методом отбора по столбцам, а именно: способом сокращения числа рассматриваемых вариантов путем исключения наихудших комбинаций.

Для реализации способа сокращения числа рассматриваемых вариантов путем исключения наихудших комбинаций необходимо из морфологической таблицы выбрать два столбца (из первых трех) с наименьшим количеством вариантов технических решений ( $i < k < j$ ) и образовать из них все возможные парные комбинации (таблица 1.4).

Таблица 1.4 – Таблица парных комбинаций

Технические решения	Технические решения			
	Тр 3.1.	Тр 3.2.	...	Тр 3.k.
Тр 1.1.	Тр11,31	Тр11,32	Тр11,...	Тр11,3k
Тр 1.2.	Тр12,31	Тр12,32	Тр12,...	Тр12,3k
...	Тр...,31	Тр...,32	...	Тр...,3k
Тр 1.i.	Тр1i,31	Тр1i,32	Тр1i,...	Тр1i,3k

Сравнительный анализ этих комбинаций позволяет две-три из них (например, подчеркнутые) отнести к наилучшим и включить в дальнейшее рассмотрение, а остальные – исключить. Из исходной таблицы выбирается следующий столбец с наименьшим из оставшихся числом вариантов технических решений и составляются из них и отобранных парных комбинаций все возможные тройные комбинации. Сравнительный анализ позволит выделить и отбросить неэффективные сочетания и оставить те, которые имеют максимальную эффективность. В конце концов, остается некоторое множество комбинаций, которое сокращается до одного-двух технических решений.

Направление силы зажима (в случае применения компонентов, не имеющих зажимных элементов) определяется в направлении технологической базы, накладывающей наибольшее количество связей. В случае применения призмы и компонента, реализующего одиночную (опорную) базу (за исключением самоцентрирующего компонента), возможно направлять силу зажима на этот компонент. Причем этот компонент располагается на максимальном удалении от оси технологической базы.

Таким образом, формируется схема установки – основная часть задания на выбор или проектирование конструкции приспособления (или состава типовых установочных, установочно-зажимных и зажимных элементов при базировании на столе станка и т.п.).

## 1.6 Погрешность теоретической схемы установки

Погрешность установки заготовки в приспособлении обусловлена: 1) погрешностями формы и относительного положения технологических баз; 2) погрешностями, заложенными при проектировании технологического процесса (погрешность схемы базирования и погрешность схемы установки); 3) погрешностями закрепления. Погрешности технологических баз приводят к смеще-

нию  $\Delta\delta$  измерительных баз (рисунок 1.51) и проявляются как стационарные случайные погрешности обеспечиваемых на данной операции размеров  $A$  и  $B$ , поскольку в данной задаче размер настройки  $A_n$  считается неизменным.

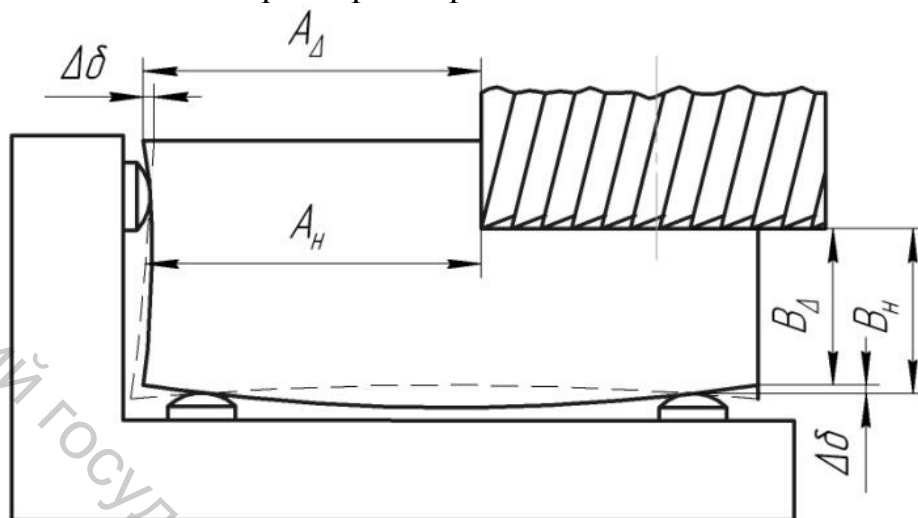


Рисунок 1.51 – Схема формирования погрешности базирования

Схема базирования должна быть спроектирована таким образом, чтобы базовая система координат лежала на компонентах ГМЗ, от которых заданы размеры и показатели угловой ориентации обрабатываемых элементов заготовки. Если это требование **невозможно выполнить**, то появляются условия для возникновения погрешности схемы базирования. Условия для возникновения погрешности схемы базирования имеют место, когда из-за некорректной простановки размеров или по другим причинам невозможно создать БСК на компонентах ГМЗ, от которых заданы размеры и показатели угловой ориентации обрабатываемых элементов заготовки.

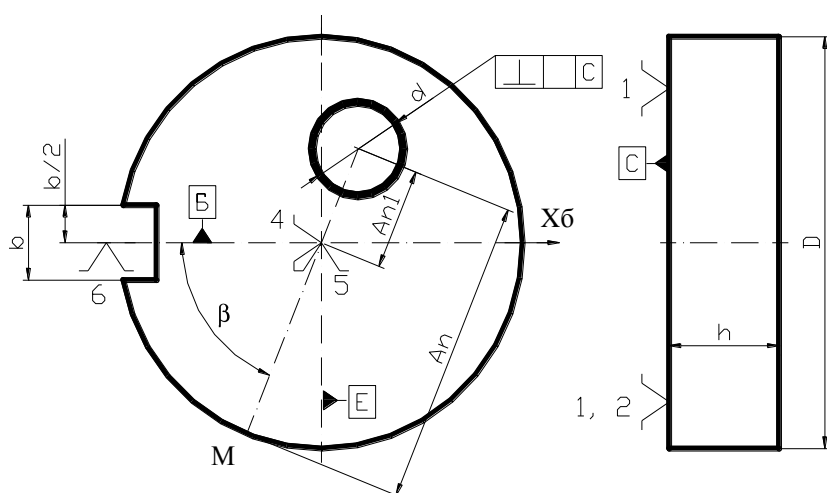


Рисунок 1.52 – Иллюстрация условий для проявления погрешности схемы базирования по размеру

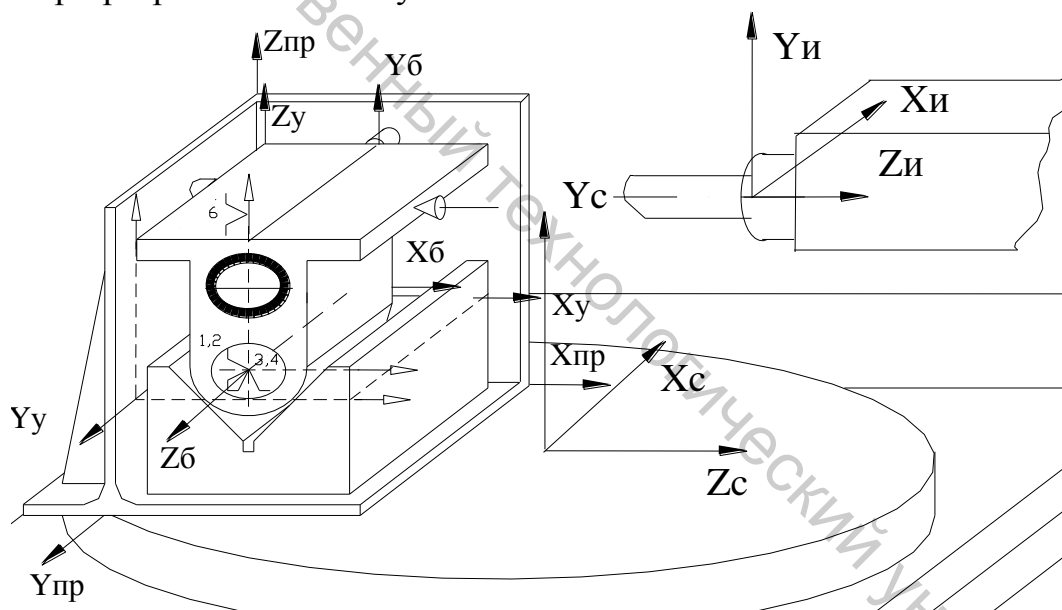
Пример указанной ситуации приведен на рисунке 1.52. Положение оси обрабатываемого отверстия определяется углом  $\beta$ , который откладывается от плоскости B, перпендикулярной установочной базе (плоскость C), и расстоянием  $A_n$ , которое откладывается от наружного диаметра ГМО. Плоскость B будет направляющей базой. Провести третью плос-

кость СКО через точку М нельзя, так как в этом случае не получится декартовой системы координат. Кроме того, ее положение не является постоянным, а зависит от диаметра  $D$ , который изменяется в пределах допуска. Поэтому эту плоскость ССК (Е) следует провести через точку О. В таком случае размер  $A_n$  зависит от фактического значения радиуса детали и колеблется в пределах допуска. Тогда погрешность схемы базирования

$$\Delta_{сб}(A_n) = TD/2.$$

Если задать размер  $A_{n1}$  вместо  $A_n$ , то условий для появления погрешности схемы базирования не будет.

На этапе проектирования теоретической схемы установки нужно обеспечить контакт технологических баз с моделями установочных компонентов (сформировать опорные точки), тем самым определить положение установочной системы координат (УСК) (рисунок 1.53). Однако это возможно далеко не всегда, особенно если технологические базы являются скрытыми. Тогда возникают условия для появления *погрешности теоретической схемы установки*. Погрешностью теоретической схемы установки будем называть поле рассеяния отклонений положения установочной системы координат от базовой системы координат при разработке схемы установки.



индексы: б – базовая система координат (система координат объекта производства); у – установочная (опорная) система координат; пр – система координат приспособления; с – станок; и – инструмент

Рисунок 1.53 – Взаимное расположение систем координат

Таким образом, при проектировании схемы установки желательно совместить опорную систему координат с базовой (собственной), чтобы не создавать условия для возникновения *погрешности схемы установки* – меры несовпадения опорной и базовой систем координат.

Погрешностью схемы установки будем называть поле рассеяния отклонений положения базовой системы координат заданного при разработке схемы установки. При этом считается, что технологические базы не имеют погрешностей формы. Причиной возникновения погрешности схемы установки являются погрешности размеров объекта производства, которые получены на этапах обработки, предшествующих рассматриваемому. Погрешность схемы установки относят обычно к размерам, выполняемым на рассматриваемой операции.

Например, на операции фрезерования выполняются размеры  $A_2$  и  $B_2$  (рисунок 1.54), для чего режущие кромки фрезы устанавливаются относительно компонентов ОСК на расстояния, соответствующие размерам настройки  $A_n$  и  $B_n$ . Другие погрешности обработки, возникающие по разным причинам, в данной задаче не учитываются. При выполнении размера  $A_2$  ось  $Y_y$  УСК не совпадает с осью  $Y_6$  СКО. Следова-

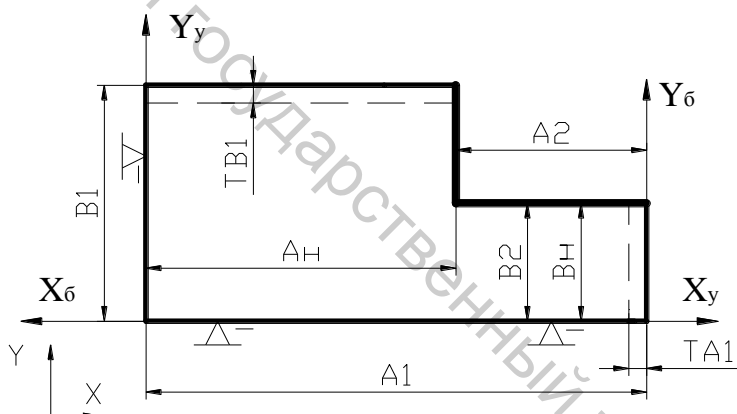


Рисунок 1.54 – Операционный эскиз

тельно, условия для возникновения погрешности схемы установки по этому размеру имеются. До рассматриваемой операции в направлении оси  $X$  выполнен размер  $A_1$  с допуском  $TA_1$ . Поскольку размер настройки  $A_n$  остается постоянным для всей обрабатываемой партии деталей и другие погрешности в данной задаче не учитываются, то  $A_2$  может изменяться только в зависимости от размера  $A_1$  в пределах допуска  $TA_1$ .

Погрешность схемы установки проявляется как случайная величина, так как причина, ее порождающая (погрешность размера  $A_1$ ), тоже является случайной величиной. Принято считать, что погрешность схемы установки – симметричная случайная величина, которая подчиняется нормальному закону распределения с математическим ожиданием, равным нулю. Тогда ее характеристикой будет максимально возможное поле рассеяния, в рассматриваемом случае  $TA_1$ . Следовательно, можно записать

$$\Delta_{cy}(A_2) = TA_1,$$

где  $\Delta_{cy}(A_2)$  – погрешность схемы установки по размеру  $A_2$ .

При выполнении размера  $B_2$  оси  $X_6$  (СКО) и  $X_y$  (УСК) совпадают. Следовательно, условий для возникновения погрешности схемы установки нет. Действительно, случайные погрешности размера  $B_1$  не влияют на положение  $X_6$ , т. е. на размер  $B_2$ .

Очень часто погрешность схемы установки зависит не от одного, а от нескольких размеров. В таких случаях алгоритм решения задачи определения погрешности схемы установки многозвенной размерной цепи состоит из следующих этапов: 1) на операционном эскизе указываются все выполненные ранее и

выполняемые на рассматриваемой операции размеры, СКО и УСК, а также размеры настройки (рисунок 1.55 а); 2) строится размерная цепь (рисунок 1.55б); 3) определяется погрешность замыкающего звена, которым является выполняемый размер. При этом погрешность настроечного размера  $A_n$  считается равной нулю, так как она, оставаясь постоянной для всей партии обрабатываемых деталей, не может быть источником случайной погрешности.

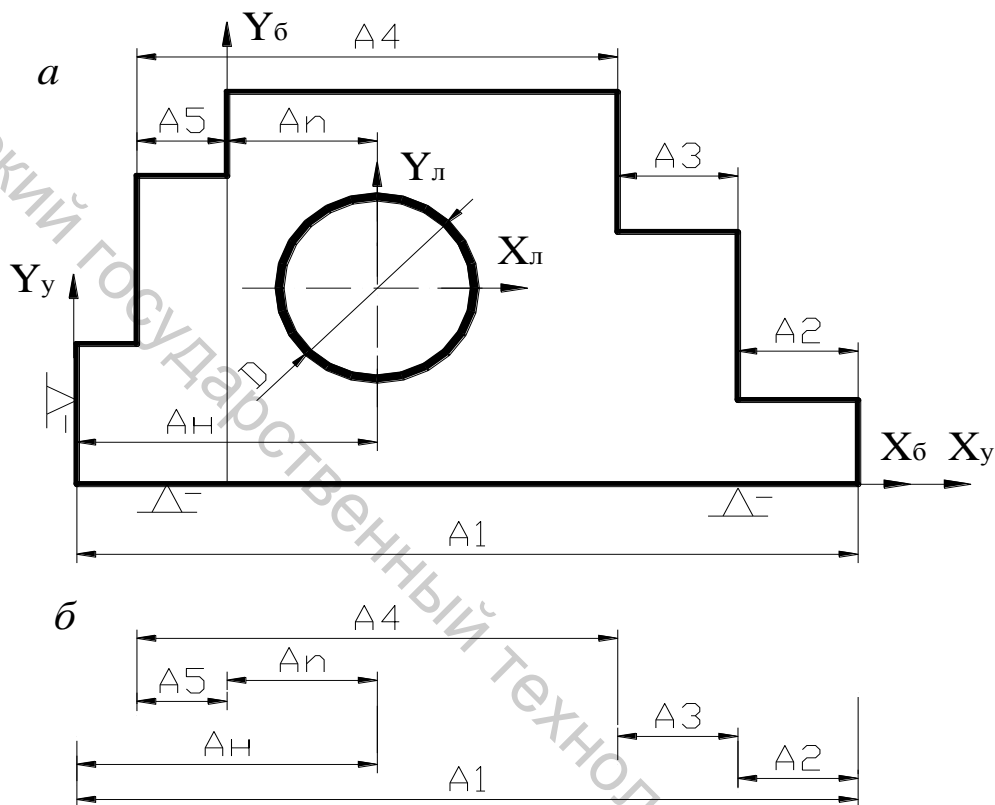


Рисунок 1.55 – Расчетная схема и размерная цепь

Максимально возможное (но весьма маловероятное) значение погрешности схемы установки определяется по формуле

$$\Delta_{cy}(A_n) = \sum_{i=1}^{n-1} TA_i,$$

где  $n$  – число звеньев размерной цепи.

Из математической статистики известно, что при заданной доверительной вероятности  $P$  поле рассеяния случайной величины (в нашем случае погрешность звена размерной цепи  $A_i$ ) связано со стандартным отклонением, а следовательно, и с дисперсией  $D_i$  следующим равенством:  $TA_i = \lambda_i \sqrt{D_i}$ , где  $\lambda_i$  – коэффициент, зависящий от закона распределения рассматриваемого звена и доверительной вероятности  $P$ . С другой стороны, известно, что если случайная величина является алгебраической суммой других случайных величин, то диспер-

сия суммы равна сумме дисперсий слагаемых. На этом основании можно записать для линейной размерной цепи:

$$\Delta_{cy}(A_n) = \lambda_n \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} (TA_i / \lambda_i)^2},$$

где  $\lambda_i$  для нормального закона распределения равен 3, а для закона равной вероятности – 1,732.

Последним выражением предлагается пользоваться при  $n > 3$  (если погрешности составляющих звеньев распределены по нормальному закону) и при  $n > 6$  (если погрешности составляющих звеньев распределены по закону равной вероятности).

Для случая, показанного на рисунке 1.55, можем записать:

$$\Delta_{cy}(A_n) = \sqrt{TA_1^2 + TA_2^2 + TA_3^2 + TA_4^2 + TA_5^2}.$$

Погрешность схемы установки для *плоской размерной цепи* определяется так же, как и для многозвенной линейной цепи. Отличие состоит только в том, что все звенья плоской размерной цепи необходимо спроектировать на направление вектора замыкающего звена. Например, размерная цепь для схемы, показанной на рисунке 1.56а, изображена на рисунке 1.56б. Размерная настройка в данном случае осуществляется от начала УСК. Проектируя звенья размерной цепи на  $A_n$ , получаем:

$$A_n - B_1 \sin \alpha - A_1 \cos \alpha - A_n = 0.$$

Тогда

$$\Delta_{cy}(A_n) = TB_1 \sin \alpha + TA_1 \cos \alpha.$$

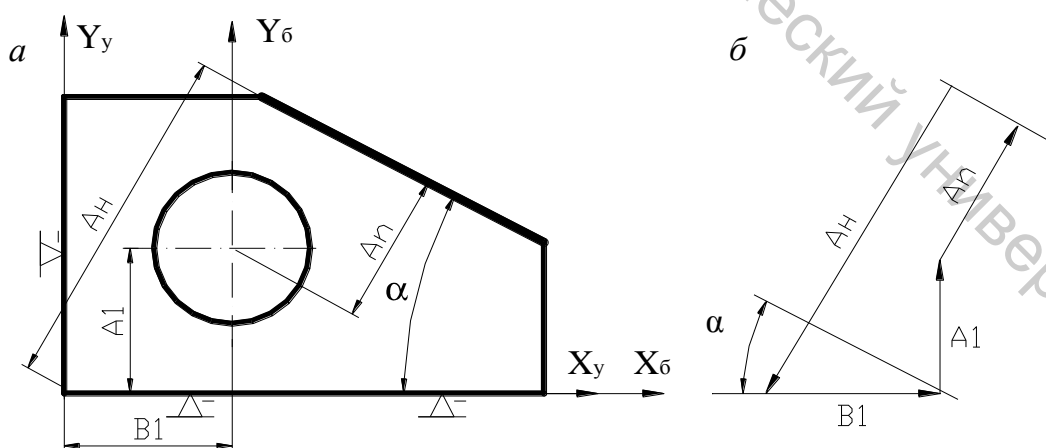


Рисунок 1.56 – Расчетная схема и плоская размерная цепь

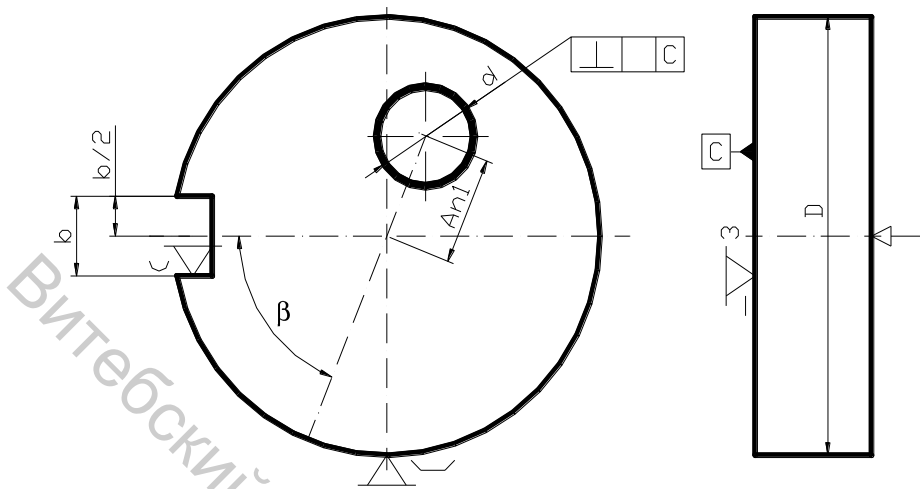


Рисунок 1.57 – Схема установки, соответствующая схеме базирования детали, представленной на рисунке 1.52

Рассмотрим установку по наружной цилиндрической поверхности при помощи призмы для обработки отверстия диаметром  $d$ . Кроме того, должны быть выдержаны размер  $A_{n1}$  и угол  $\beta$ . До рассматриваемой операции были обработаны наружный диаметр  $D$  с допуском  $TD$ , шпоночный паз шириной  $b$  с допуском  $Tb$ .

Соответствующая схема установки показана на рисунке 1.57, а расчетная схема и размерные цепи для расчета погрешности схемы установки – на рисунке 1.58.

Уравнение плоской размерной цепи, показанной на рисунке 1.58 б, имеет вид:

$$A_{n1} \sin \beta + A_{n2} \cos \beta = A_{n1} + OM \sin \beta,$$

где  $OM = D / (2 \cdot \sin \alpha)$ .

тогда

$$A_{n1} = A_{n1} \sin \beta + A_{n2} \cos \beta - D \sin \beta / 2 \sin \alpha.$$

Дифференцированием по  $D$  получаем:

$$d(A_{n1}) = dD \cdot \sin \beta / (2 \sin \alpha).$$

Размеры  $A_{n1}$ ,  $A_{n2}$  и  $\beta$  от размера  $D$  не зависят. Поэтому, заменив дифференциал малыми погрешностями, погрешность схемы установки по размеру  $A_{n1}$  можно определить с помощью модели

$$\Delta_{cy}(A_{n1}) = TD \cdot \sin \beta / (2 \sin \alpha).$$

Из второй размерной цепи (рисунок 1.58в) получаем:

$$A_{n1} \sin \beta + A_{n2} \cos \beta = A_n - D / 2 + OM \sin \beta.$$

Погрешность схемы установки по размеру  $A_n$  можно определить с помощью модели

$$\Delta_{cy}(A_n) = TD / 2 - TD \cdot \sin \beta / (2 \sin \alpha).$$

В этом случае погрешность схемы установки включает в себя соответствующую погрешность схемы базирования.

Причем если  $\beta = \alpha$ , то  $\Delta_{cy}(A_n) = 0$ .

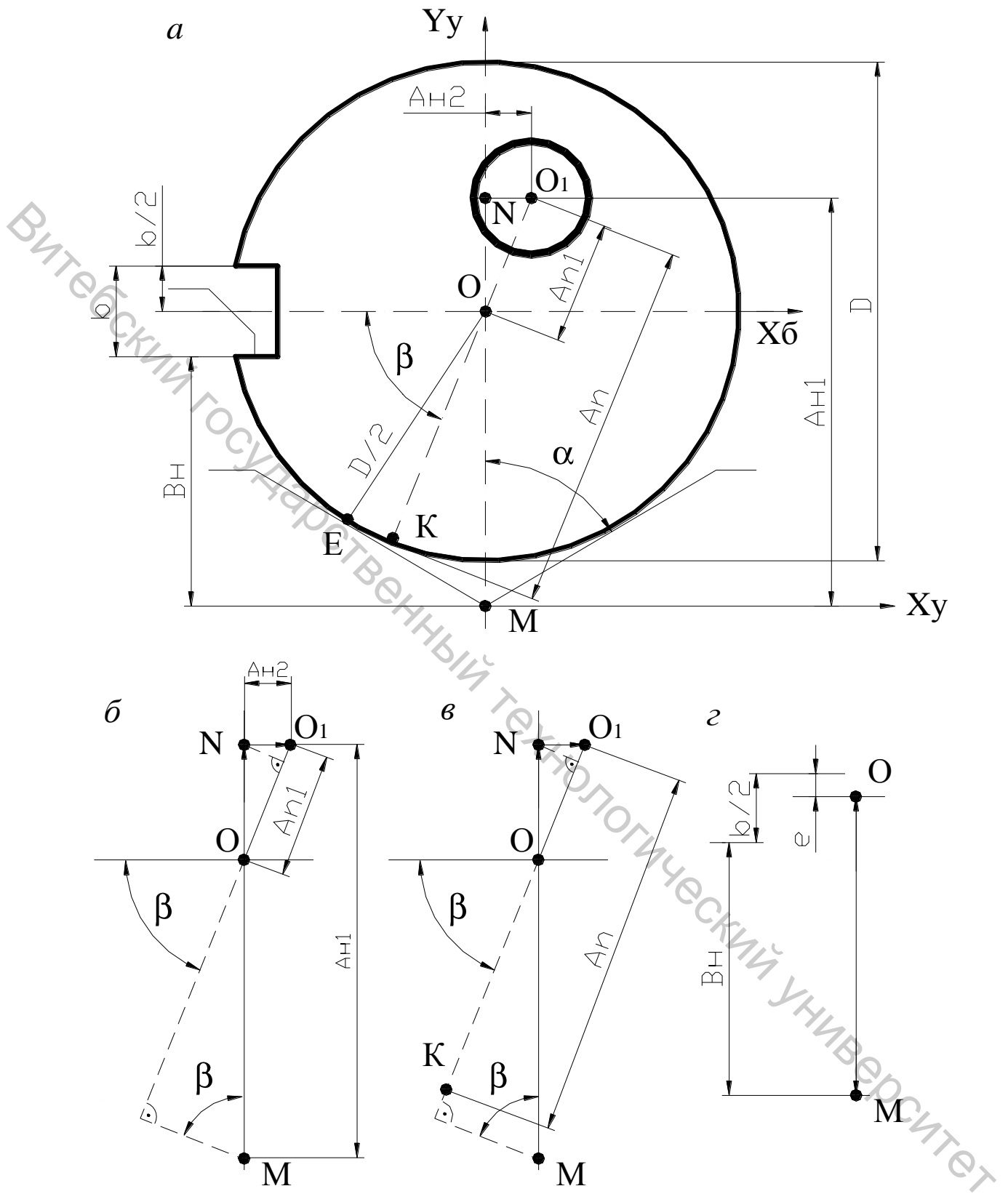


Рисунок 1.58 – Расчетная схема и размерные цепи для определения погрешности схемы установки, представленной на рисунке 1.57

Уравнение размерной цепи, показанной на рисунке 1.58z, имеет вид:

$$B_n + b / 2 = e + OM = e + D / 2 \sin \alpha ,$$

где  $e$  – смещение оси цилиндра, вызванное погрешностью размеров  $D$  и  $b$ . Тогда дополнительный поворот заготовки (погрешность схемы установки по углу  $\beta$ ) будет:

$$\Delta_{cy}(\beta) = e / (D / 2) = (TD / \sin \alpha + Tb) / D.$$

При установке по отверстию на цилиндрический палец возникает неопределенность положения заготовки, которая может смещаться в любом направлении в пределах зазора (рисунок 1.59).

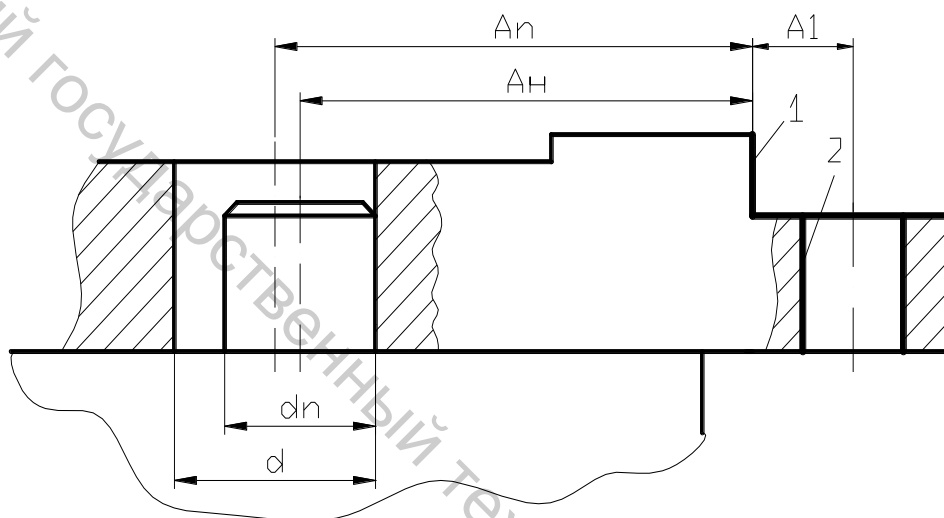


Рисунок 1.59 – Установка заготовки по отверстию на цилиндрический палец

Погрешность схемы установки  $\Delta_{cy}(A_n)$  в этом случае можно определить по модели

$$\Delta_{cy}(A_n) = Td + BO(d_n) ,$$

где  $Td$  – допуск диаметра отверстия;  $BO(d_n)$  – верхнее отклонение диаметра цилиндрического пальца.

При обработке нескольких поверхностей с одной установки только по отношению к одной определяется погрешность схемы установки, и эта поверхность далее служит настроечной базой. Погрешность схемы установки  $\Delta_{cy}(A_1) = 0$ , так как поверхность 1 служит настроечной базой для обработки поверхности 2.

При установке заготовки на два пальца расчетная схема для определения погрешности схемы установки по углу  $\alpha$  будет иметь вид, представленный на рисунке 1.60.

На этой схеме  $O_1, O_2$  – оси отверстий,  $\Pi_1$  – ось симметрии ромбического пальца,  $\Pi_2$  – ось цилиндрического пальца. Тогда

$$\Delta_{cy}(\alpha) = \frac{e_{1\max} + e_{2\max}}{B} = \frac{(TD1 + BO(b1)) + (TD2 + BO(d2))}{B},$$

где  $TD1, TD2$  – допуски диаметров соответствующих отверстий;  $BO(b1), BO(d2)$  – верхние отклонения соответствующих пальцев. Погрешностью размера  $B$  можно пренебречь.

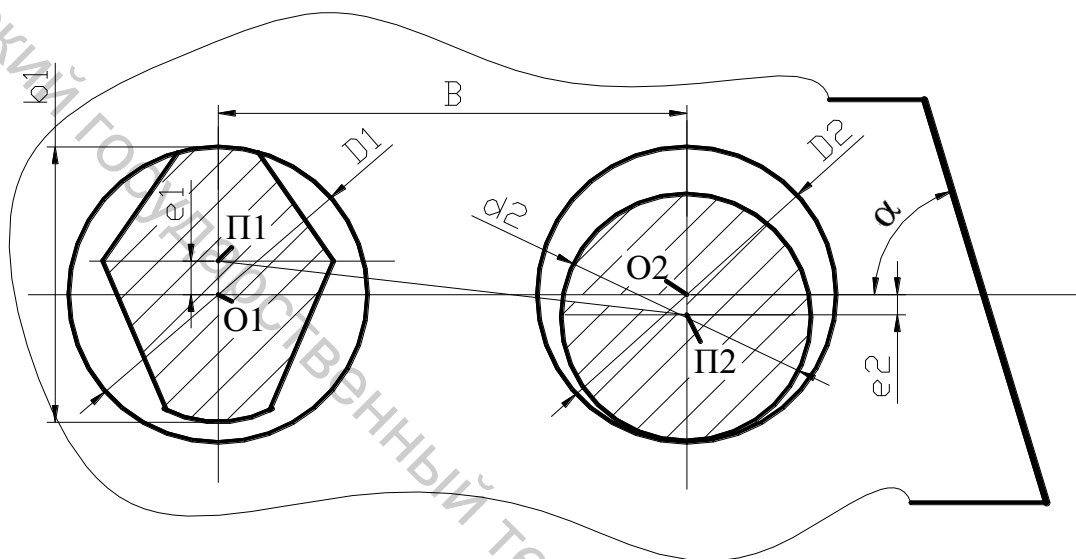
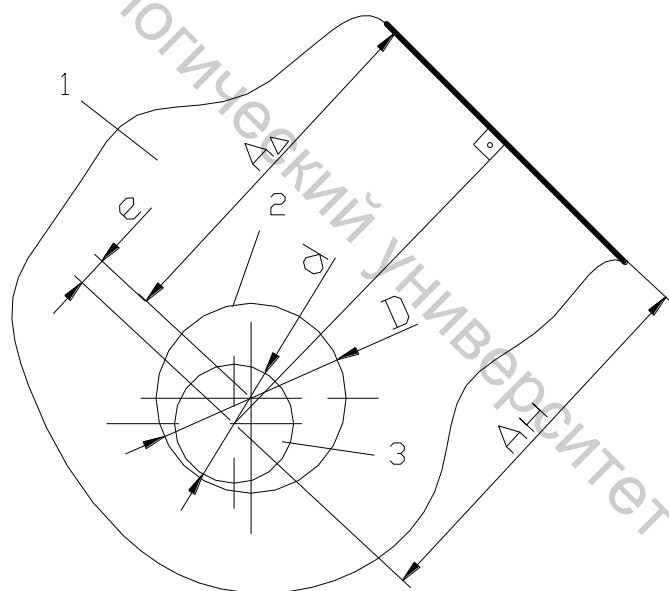


Рисунок 1.60 – Расчетная схема для определения погрешности схемы установки по углу  $\alpha$  при установке на цилиндрический и ромбический пальцы

Для анализа пригодности принятой схемы установки нужно оценить значение ее погрешности. В примере, приведенном на рисунке 1.32, возникают условия для возникновения погрешности схемы установки по размерам  $30 \pm 0,2$  и  $45^\circ$ .

Расчетная схема для определения погрешности схемы установки по размеру  $30 - \Delta_{cy}(30)$  показана на рисунке 1.61. Согласно размерной цепи, показанной на нем,  $A_\Delta = A_H \pm e$ , где  $A_\Delta$  – фактический размер,  $A_H$  – размер

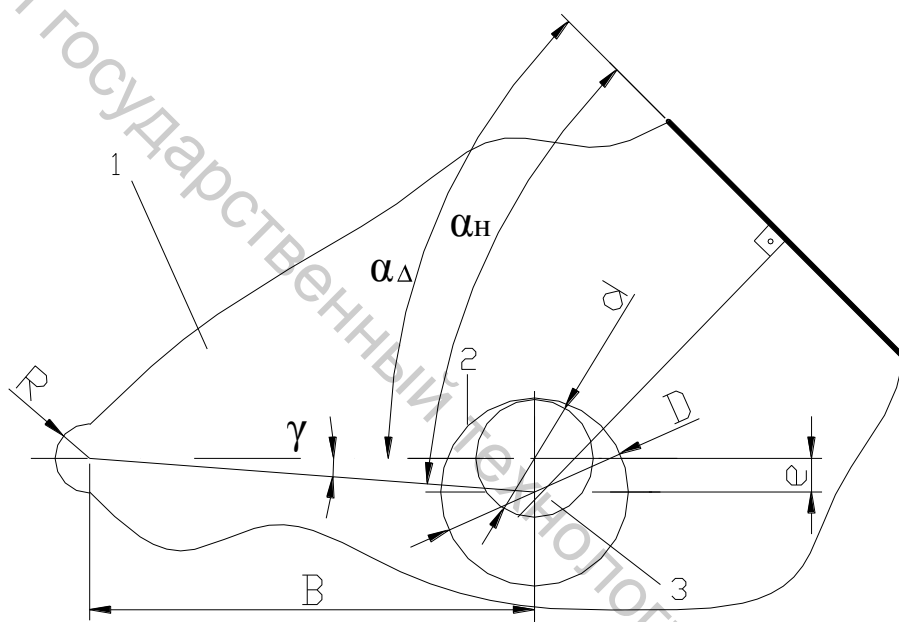


1 – заготовка; 2 – отверстие; 3 – палец

Рисунок 1.61 – Расчетная схема по размеру 30

настройки, а  $e$  – максимальное отклонение положения технологической базы, равное полусумме допуска на размер отверстия ( $TD$ ) и верхнего отклонения пальца ( $VOd$ ). Тогда  $\Delta_{cy}(30) = 2(0,05 + 0,01) = 0,12$  мм. Так как допуск для расстояния от оси отверстия до обрабатываемой плоскости (0,4 мм) намного больше погрешности схемы установки по этому размеру, то по нему принятая схема установки может считаться пригодной.

Расчетная схема для определения погрешности схемы установки по размеру  $45^\circ$  показана на рисунке 1.62. Согласно угловой цепи, показанной на нем,  $\alpha_\Delta = \alpha_H \pm \gamma$ , где  $\alpha_\Delta$  – фактический угол,  $\alpha_H$  – угол настройки,  $\gamma$  – максимальное отклонение угла. Вследствие малости угла  $\gamma$ , его значение в минутах можно определить из следующего выражения:  $\gamma = 180 \cdot 60 \cdot e / (\pi \cdot B)$ .



1 – заготовка; 2 – отверстие; 3 – палец

Рисунок 1.62 – Расчетная схема по размеру  $45^\circ$

Подставляя значение  $e = 0,06$  и значение  $B = 60$ , получим  $\gamma = 3,44'$ . Тогда погрешность схемы установки по углу  $\Delta_{cy}(45^\circ) = 2 \cdot 3,44 = 6,88'$ . Это значение намного меньше допуска на угол, который составляет  $40'$ . Значит и по углу расположения обрабатываемой плоскости принятая схема установки может считаться пригодной.

Требование точности перпендикулярности обрабатываемой плоскости к конструкторской базе выбранная схема установки также обеспечивает, так как в этом случае нет условий для появления погрешности схемы установки.

Погрешность схемы установки по цилиндрической поверхности равна нулю, если в качестве установочных элементов используются: 1) подпружиненный конический палец 1 (рисунок 1.63); 2) самоцентрирующие установочно-

зажимные элементы (цанги, разжимные оправки, гидропластовые зажимы и т. д.).

Под действием зажимающих сил изменяются полученное при базировании положение заготовки и ее форма.

Причинами изменения исходного положения заготовки являются контактные упругие деформации в местах сопряжения заготовки с установочными элементами приспособления, а также упругие деформации самого приспособления. Для партии заготовок **погрешность закрепления** считается равной нулю, если смещение конструкторской базы хотя и существует, но постоянно. В этом случае смещение конструкторской базы частично компенсируется размерной настройкой. Остаются некомпенсированными относительные повороты, возникающие из-за неравномерной нагрузки на установочные элементы.

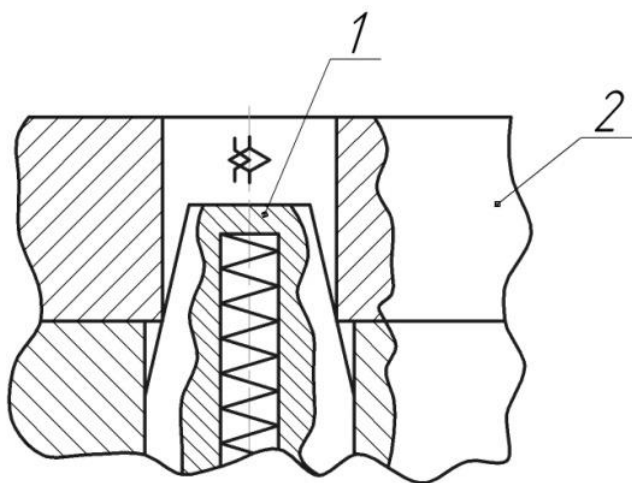


Рисунок 1.63 – Установка заготовки с помощью конического пальца

Большая часть упругих деформаций станочных приспособлений приходится на стыки, особенно в подвижных соединениях, жесткость которых намного меньше, чем жесткость затянутых стыков. Последнее обстоятельство при установке заготовок в кулачковых патронах или в тисках приводит к существенному смещению зажимаемой заготовки в направлении, перпендикулярном к зажимаемой силе. Как это видно из схемы, изображенной на рисунке 1.64, указанное смещение возникает из-за поворота подвижной губки тисков парой сил (зажимающей  $P_{заж}$  и реакции  $R$ ) на плечо  $h$ . Зазоры и малая контактная жесткость направляющих делает этот поворот существенным.

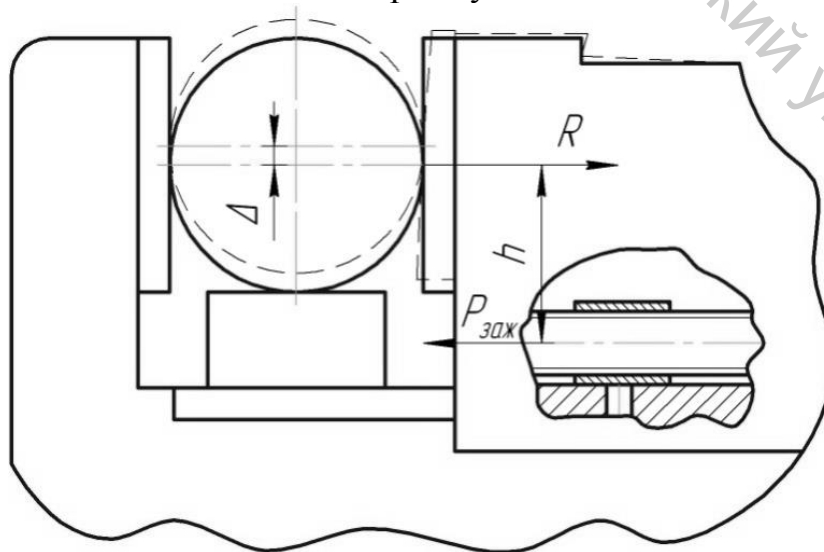


Рисунок 1.64 – Схема смещения заготовки в направлении, перпендикулярном к зажимающей силе

Кольца и втулки при обработке закрепляются в самоцентрирующих патронах или на разжимных оправках. Под действием радиальных зажимающих сил эти заготовки деформируются (рисунок 1.65). После обработки в закрепленном состоянии получается поверхность правильной формы. Но после открепления заготовки и ее упругого восстановления форма поверхности искажается. Такая погрешность формы сопоставима с допуском (и даже превышает его) при обработке тонкостенных и высокоточных деталей. Уменьшить ее можно, увеличив количество установочно-зажимных элементов. Если за единицу принять погрешность формы, получаемую при закреплении в трехкулачковом патроне, то погрешность закрепления в четырехкулачковом патроне составит 0,38, а в шестикулачковом – 0,11. Существенно уменьшает упругую деформацию увеличение ширины кулачков (угла охвата). При этом радиус цилиндрической поверхности установочно-зажимного элемента для базирования по наружной поверхности кольца должен быть равен радиусу технологической базы. При увеличении угла охвата зоны контакта кулачка с заготовкой от нормального для трехкулачкового патрона до  $60^\circ$  относительная погрешность формы уменьшается в 8...12 раз. Погрешность формы существенно уменьшается, если силы зажима прикладываются к торцу тонкостенной или высокоточной втулки.

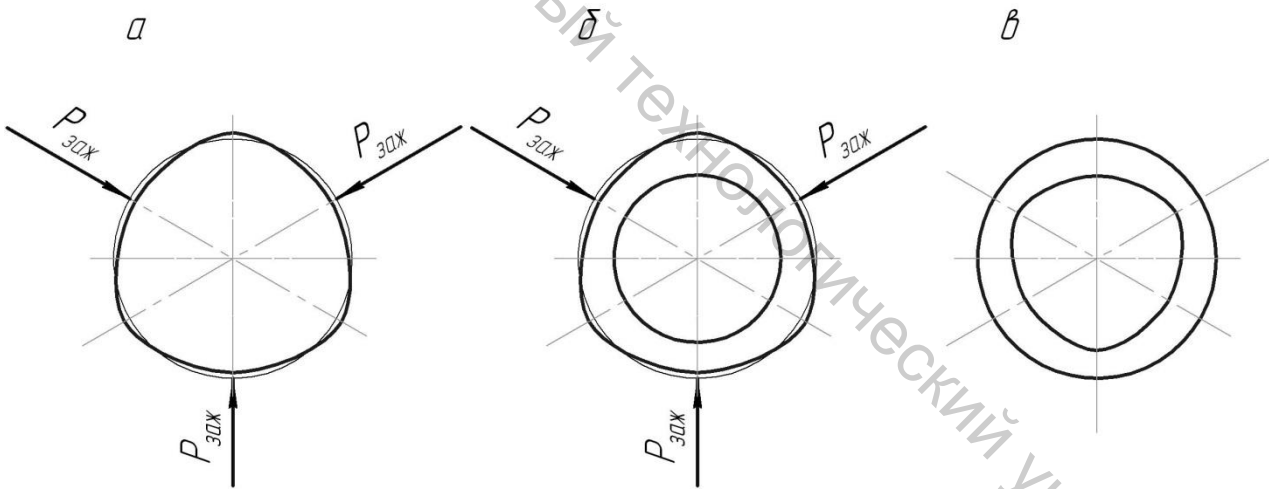


Рисунок 1.65 – Схема формирования погрешности формы при действии зажимающих сил: а – форма заготовки после закрепления; б – форма расточенного отверстия в закрепленной заготовке; в – форма отверстия после раскрепления заготовки

## 2 СПОСОБЫ БАЗИРОВАНИЯ И ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК НА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ

### 2.1 Базовые поверхности станков и их использование для установки заготовок

Выше рассмотрены теоретические вопросы базирования при выполнении операций механической обработки. Вопрос базирования также является одним из важнейших при проектировании схем технологических наладок. Комплектование технологического оснащения конкретной операции основано на четком представлении баз рабочих органов металлорежущих станков, заготовок, инструментов и элементов технологической оснастки.

При этом согласно ГОСТ 21495–76 на рабочих органах станков следует выделять вспомогательные базы для установки технологической оснастки, а на заготовках и инструментах – основные базы для их базирования в оснастке. В технологической же оснастке выделяются обе разновидности баз: основные для установки на рабочем органе станка (или на другом элементе технологической оснастки) и вспомогательные для базирования в них заготовок или инструментов.

Основное назначение технологической оснастки заключается в обеспечении установки (базирования и закрепления) заготовки и инструмента, основные базы которых не соответствуют вспомогательным базам рабочих органов станка.

Структуру процесса комплектования элементов приспособлений для заготовки можно представить схемой, показанной на рисунке 2.1.

На металлорежущих станках общемашиностроительного назначения вспомогательные базы рабочих органов для установки заготовок стандартизованы [6]. В подавляющем большинстве случаев прямая установка заготовок на рабочих органах станков невозможна. Эту задачу выполняют приспособления. Если основные базы приспособления и вспомогательные базы рабочего органа станка соответствуют по форме и размерам, то приспособление базируется и закрепляется непосредственно на рабочем органе. При несовпадении баз подбирается стандартный или проектируется специальный переходный элемент (блок, фланец, оправка и т.п.). При проектировании «переходника» предусматриваются соответствующие элементы крепления его на рабочем органе станка и на нем – приспособления. В редких случаях количество переходных элементов может быть несколько, например при стремлении унифицировать применение одних и тех же приспособлений на различных по габаритам или типам станках. При этом необходимо учитывать, что увеличение количества переходных элементов влечет за собой усложнение наладок, снижение жесткости технологической системы и точности обработки. Поэтому такое решение требует технического и экономического обоснования.

Все металлорежущие станки можно классифицировать по виду вспомогательных баз рабочих органов и способу установки приспособлений. Такая классификация приведена на рисунке 2.2, а в таблице 2.1 перечислены основные типы металлорежущих станков общемашиностроительного назначения, в которых классифицированные рабочие органы используются. В таблице схем на рисунке 2.2 применены условные буквенноцифровые обозначения вспомогательных явных баз. Буква обозначает форму базы (поверхности), а цифра указывает количество условных базовых точек, обеспечиваемых этой базой по правилам базирования [4, 10]. В таблице схем этого рисунка приведены также буквенные обозначения конструктивных решений элементов крепления приспособлений [5, 6].



Рисунок 2.1 – Структурная схема комплектования приспособлений для установки заготовок на станках (ЭК – элементы крепления)

## 2.2 Виды вспомогательных баз рабочих органов для установки заготовок на станках токарной группы

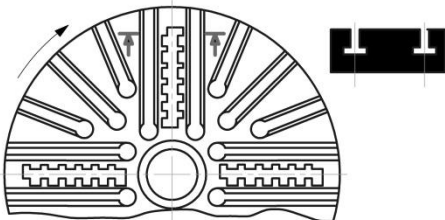
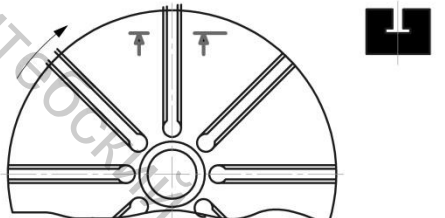
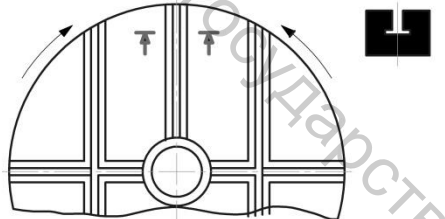
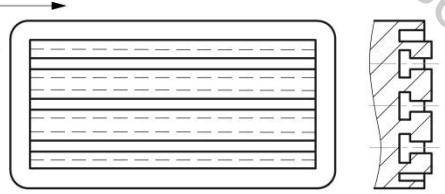
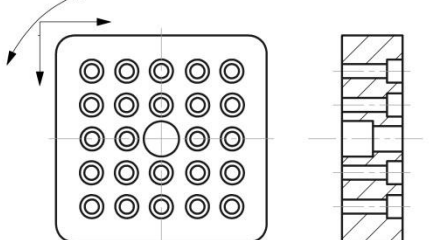
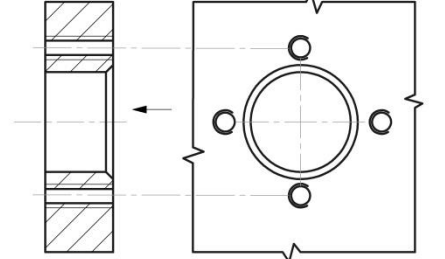
### 2.2.1 Разновидности шпинделей токарных станков

В станках токарной группы для сообщения заготовке главного движения резания используются шпиндели, отличающиеся достаточно большим многообразием конструктивного решения вспомогательных баз для установки приспособлений. Все конструкции шпинделей, представленные схемами на рисунке 2.2, можно объединить в три группы: фланцевые; резьбовые; конические.

Схемы	Номер схемы	Базы, количество базовых точек	Элементы крепления
	01	Т3+К2+П1	Шп+Г или Б/В
	02	Т3+Ц2+П1	Шп+Г или Б/В
	03	Т3+Ц2+Ш1 <sub>т</sub>	Б/В
	04	К5+[Ш1 <sub>т</sub> ]*	Б/В
	05	Ц4+Т1+Р1 (наружные)	Р
	06	Т3+Ц2+ЭК1	Б/В
	07	К3+02+[Ш1 <sub>ц</sub> ]*	Т/Г
	08	К3+02+[Ш1 <sub>к</sub> ]*	Т/Г
	09	04+Т1+Р1 (внутренние)	Р
	10	(К3+К2) (центра)+Т1 (для передачи М <sub>кр</sub> )	Б/В

Ц – цилиндр; О – отверстие; Т – торец; П – палец; Р – резьба; К – конус; Ш – шпонка или штифт;  
 Ф – трение; ЭК – элементы крепления; цифра – количество базовых точек; Б – болты; В – винты;  
 Р – резьба; Шп – шпилька; Г – гайка; Т – тяга (шомпол)

Рисунок 2.2 – Классификация по виду вспомогательных баз конструкций рабочих органов металлорежущих станков для установки заготовок (\* в некоторых случаях могут быть вида Ф1)

Схемы	Номер схемы	Базы, количество базовых точек	Элементы крепления
	11	ТЗ+02+Ш1 или ТЗ+ШЗ	В(Т-обр)+Г
	12	ТЗ+02+Ш1 или ТЗ+ШЗ	В(Т-обр)+Г
	13	ТЗ+02+Ш1 или ТЗ+1ПЗ	В(Т-обр)+Г
	14	ТЗ+Ш2+Ф1	В(Т-обр)+Г
	15	ТЗ+02+П1	Б/В
	16	ТЗ+02+ЭК1	Б/В

Ц – цилиндр; О – отверстие; Т – торец; П – палец; Р – резьба; К – конус; Ш – шпонка или штифт; Ф – трение; ЭК – элементы крепления; цифра – количество базовых точек; Б – болты; В – винты; Р – резьба; Шп – шпилька; Г – гайка; Т – тяга (шомпол)

Рисунок 2.2 – Классификация по виду вспомогательных баз конструкций рабочих органов металлорежущих станков для установки заготовок (окончание)

При изучении способов базирования и закрепления вращающихся приспособлений следует обратить особое внимание на определение в конструкции рабочего органа станка и самого приспособления того элемента, который обеспечивает передачу крутящего момента  $M_{кр}$  (момента резания). Этот элемент лишает приспособление одной степени свободы – вращения вокруг собственной оси, то есть является опорной базой.

Таблица 2.1 – Применяемость видов конструкций рабочих органов для установки заготовок

Вид конструкции (рисунок 2.2)	Тип или группа металлорежущих станков	Примечание
1	Токарные и токарно-винторезные (легкие и средние); внутришлифовальные и универсальные круглошлифовальные	
2	Токарные и токарно-винторезные (тяжелые)	
3	Токарные многошпиндельные вертикальные полуавтоматы	
4	Токарные, токарно-винторезные	Дополнительные базы – внутренние конусы в шпинделе и пиноли задней бабки
4	Зубострогальные и зубообкатывающие полуавтоматы	
5	Токарные и токарно-винторезные станки; токарные автоматы (легкие)	
6	Токарные многошпиндельные горизонтальные полуавтоматы	Возможно совмещение с 7...9
7,8	Токарные прутковые автоматы (легкие); внутришлифовальные и универсальные круглошлифовальные станки	
9	Токарные прутковые автоматы (средние, тяжелые)	
10	Круглошлифовальные	
11	Токарно-карусельные	
12	Зубофрезерные	
13	Карусельно-фрезерные; Фрезерные с ЧПУ (отдельные модели)	
14	Фрезерные (горизонтальные, вертикальные, продольные); расточные; плоскошлифовальные станки	
15	Многооперационные (фрезерно-сверлильно-расточные) с ЧПУ	
16	Протяжные	

## 2.2.2 Фланцевые шпиндели токарных станков

Большинство токарных станков имеют шпиндели фланцевого исполнения по ГОСТ 12593–93 или ГОСТ 12595–85 (схема 1, рисунок 2.2) для установки и закрепления самоцентрирующих двух- и трехкулачковых, а также не самоцентрирующих четырехкулачковых патронов. Базы шпинделей, регламентируемые этими стандартами, одинаковы. Схема базирования приведена на рисунке 2.3. Базы фланцевых шпинделей: установочная – плоскость торца фланца (базовые точки 1, 2, 3); двойная опорная (центрирующая) – короткий конус (точки 4, 5); опорная – втулка, выполняющая роль фиксирующего пальца (шпонки) и передающая крутящий момент со шпинделя на приспособление (точка 6).

ГОСТ 12593–93 предусматривает ряд из восьми, а ГОСТ 12595–85 – из девяти размерных исполнений концов шпинделей токарных станков (в первом стандарте отсутствует максимальный условный размер 28). Каждому размерному исполнению соответствует стандартный ряд диаметров устанавливаемых на шпиндель патронов. При этом патроны одного типоразмера могут иметь различные размеры базовых поверхностей, согласно таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Соответствие размерного ряда патронов условным размерам концов шпинделей токарных станков

Стандартный размерный ряд диаметров патронов (мм) по ГОСТ	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000
	Условный размер конца шпинделя токарного станка											
2675–80 <sup>1</sup>			3/4	4/5	5/6	6/8	6/8	8/11	8/11	11/15		
24351–80 <sup>2</sup>	3	3	3/4	4/5	5/6	6/8	8/11	8/11	8/11/1	11/15		
3890–82 <sup>3</sup>	шпиндели по ГОСТ12593–93											
				4/5	4/6	5/6/8	6/8	6/8	8/11	8/11	11/15	11/15
	шпиндели по ГОСТ12595–85											
					5	5	6	6/8	11	11	11/15	11/15
Примечания: 1. Патроны самоцентрирующие трехкулачковые. 2. Патроны токарные самоцентрирующие трех- и двухкулачковые клиновые и рычажно-клиновые. 3. Патроны четырехкулачковые с независимым перемещением кулачков.												

Концы шпинделей, изготавливаемые по указанным выше стандартам, отличаются способом крепления на них патронов, специальных приспособлений или переходных фланцев (рисунок 2.3):

1) с помощью резьбовых пальцев (шпилек) и гаек через систему гладких отверстий во фланце при наличии за ним поворотной шайбы – ЭК1 (ГОСТ 12593–93);

2) с помощью винтов (болтов) и системы резьбовых отверстий во фланце или (и) в торце шпинделя – ЭК2 (ГОСТ 12595–85).

Фланцевые шпиндели токарных станков по ГОСТ 12595–85 могут иметь как обе системы крепежных резьбовых отверстий (исполнение 1), так и только одну из них – на базовом фланце (исполнение 2).

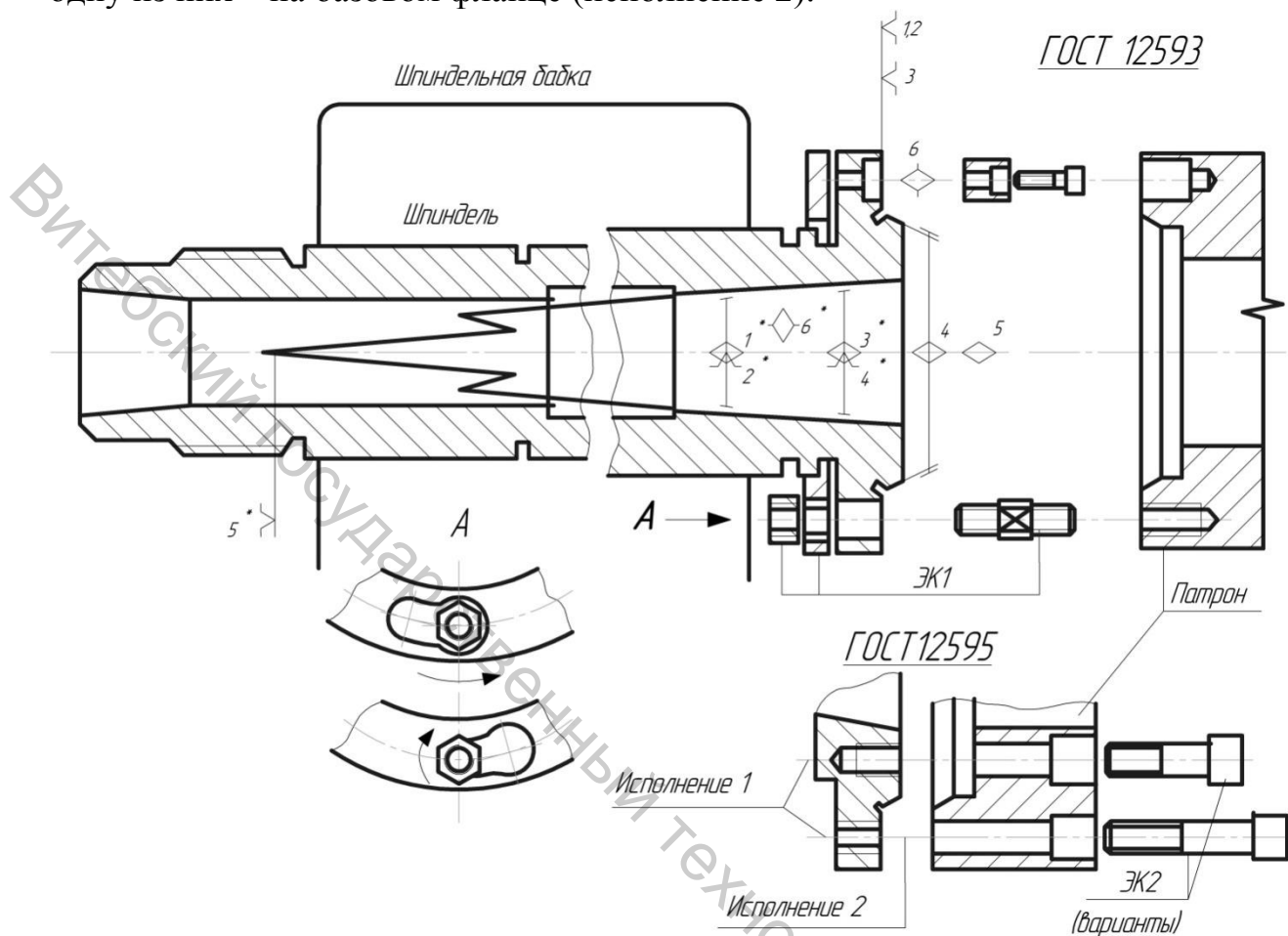


Рисунок 2.3 – Схемы базирования и закрепления приспособлений на фланцах шпинделей токарных и токарно-винторезных станков (Базовые точки показаны по вспомогательным базам шпинделя 1\*...6\* – базовые точки при базировании приспособления по дополнительной вспомогательной базе – внутреннему конусу)

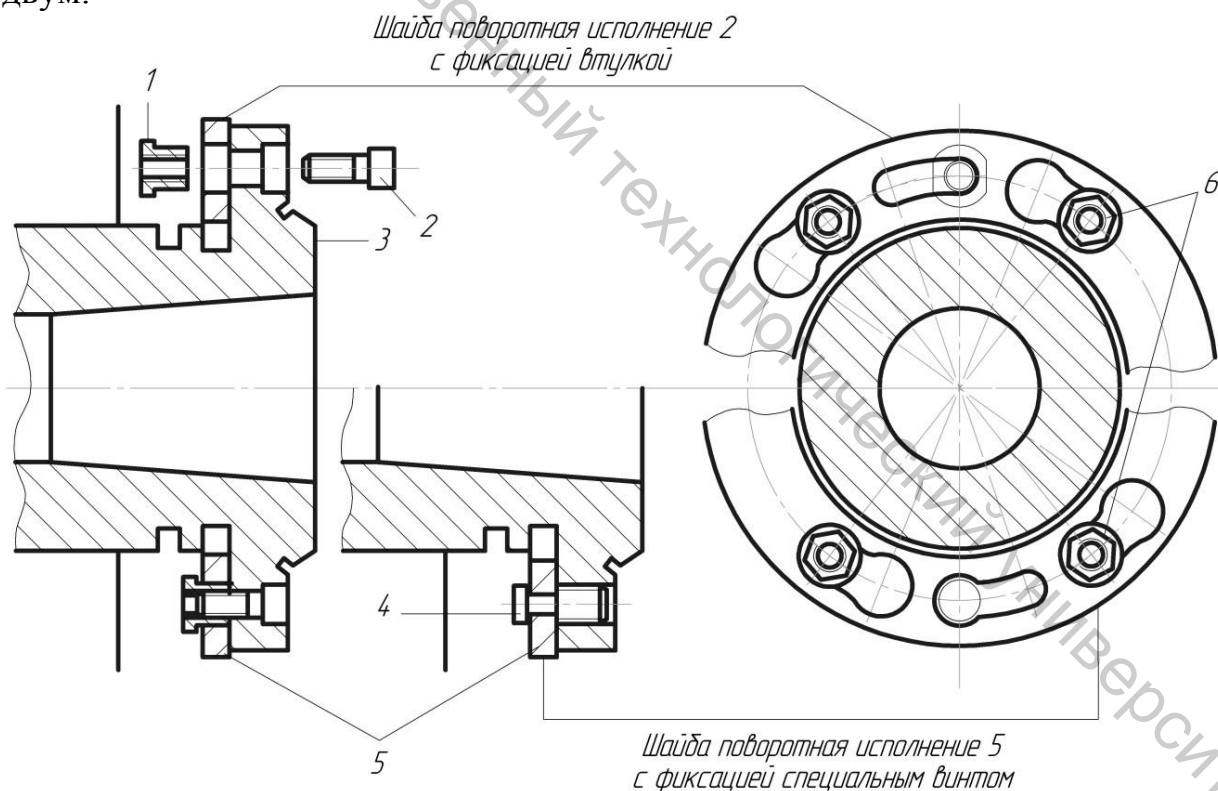
Концы шпинделей по ГОСТ 12593–93 (рисунок 2.3) имеют за базовым фланцем несъемную поворотную шайбу с «грушевидными» сквозными пазами. Большие отверстия пазов шайбы и гладкие отверстия фланца выполняются с превышением диаметра описанной окружности гаек крепления (ЭК1). Патрон с ввернутыми шпильками и предварительно накрученными гайками устанавливается на фланце с угловым базированием по втулке-шпонке (базовая точка 6). При этом гайки свободно проходят через отверстия фланца и большие отверстия пазов шайбы. После поворота шайбы и «захвата» шпилек малыми сечениями пазов гайки затягиваются. Такая схема крепления является более «быстро-сменной», позволяющей значительно сократить затраты времени на переналадку токарных станков со сменой приспособлений (патронов). Количество

«грушевидных» пазов в поворотной шайбе и отверстий во фланце шпинделя для крепления патронов:

конец шпинделя условного размера	3, 4	5,6,8	11,15,20;
количество отверстий (пазов)	3	4	6

Фиксация самой поворотной шайбы за фланцем шпинделя по ГОСТ 12593–93 возможна двумя способами: втулкой и винтом (рисунок 2.4). При этом фланец шпинделя 3 имеет либо ступенчатое гладкое отверстие для стандартного винта 2 крепления втулки 1, либо резьбовое отверстие под винт 4, удерживающий поворотную шайбу.

В первом варианте поворотная шайба имеет овальный сквозной паз под удерживающую втулку 1, во втором – также «грушевидные» паза меньшего размера, чем под элементы крепления патронов, и противоположного направления поворота для «запираания» головки специального винта 4. Поворотные шайбы в зависимости от типоразмера конца шпинделя имеют одинаковое с фланцем количество больших «грушевидных» пазов для крепления патронов: 3, 4 или 6. При трех больших пазах количество симметрично расположенных малых пазов (овальных или «грушевидных») в шайбе и отверстий во фланце шпинделя для элементов ее фиксации также равно трем, а в остальных случаях – двум.



*Рисунок 2.4 – Схемы фиксации поворотной шайбы 5 за фланцем шпинделя токарного станка с помощью втулки 1 и специального винта 4*

*(2 – стандартный винт крепления втулки; 3 – фланец шпинделя по ГОСТ 12593–93; 6 – гайки крепления патрона; на фронтальном виде поворотных шайб втулка 1 и винт 4 условно показаны как «прозрачные» тонкими линиями)*

Большинство стандартов на токарные патроны (например, перечисленные в таблице 2.2) предусматривают типы конструкций, согласующиеся по способу крепления с фланцевыми шпинделями как по ГОСТ 12593–93, так и по ГОСТ 12595–85. Кроме того, практически все стандарты на токарные патроны допускают третий тип конструкции, устанавливаемой на любые шпиндели через стандартный или специальный промежуточный фланец. Рекомендуется использовать промежуточные фланцы по ГОСТ 3889–80, а для четырехкулачковых не самоцентрирующих патронов – по ГОСТ 3890–82. Специальные промежуточные фланцы проектируются и изготавливаются только в технически или экономически оправданных случаях.

ГОСТ 12593–93 и 12595–85 допускают изготовление концов шпинделей токарных станков с цилиндрическим или коническим отверстием. Цилиндрическое отверстие не является базовым, а коническое в виде метрического конуса или конуса Морзе служит дополнительной базой шпинделя (схема 4, рисунок 2.2). При этом стандарты не регламентируют тип и размер конического отверстия для концов шпинделей конкретного условного размера (уточняется по паспорту станка). Дополнительная база применяется при центровом базировании заготовок и для установки упоров внутри патронов. При необходимости внутренний конус может быть использован для базирования специальных приспособлений, закрепление которых осуществляется резьбовой тягой через отверстие в шпинделе к его заднему торцу.

Задний торец шпинделя также имеет специальные базы (рисунок 2.3): внутренний конус, торец и наружный точный цилиндр, а также резьбу для крепления приводов автоматических приспособлений (патронов) – пневматических и гидравлических цилиндров, электромеханических приводов типа мотор-редуктор и др.

Базы шпинделей других типов станков токарной группы (помимо рассмотренных токарно-винторезных) могут иметь некоторые конструктивные особенности, которые при проектировании наладок учитываются по паспорту конкретной модели. Например, в тяжелых токарных станках в некоторых случаях конический центрирующий пояс (базовые точки 4, 5 на рисунке 2.3) выполняется цилиндрическим по схеме 2 рисунок 2.2 для высокоточной посадки с минимальным натягом ответного пояса (расточки) патрона.

Токарные многошпиндельные вертикальные полуавтоматы (типа мод. 1К283) имеют фланцевые базы шпинделя по схеме 3, конструктивно аналогичные схеме 1 рисунок 2.3, однако вместо точного отверстия во фланце для втулки, передающей крутящий момент, может быть выполнен торцовый шпоночный паз.

В особую группу можно выделить токарные станки, имеющие фланцевые шпиндели типа «Кэмлокк» по ГОСТ 26651–85, предназначенные для условий гибкого мелкосерийного производства. Принципиальное отличие концов этих шпинделей – в отсутствии точного отверстия под втулку-шпонку (опорная база) и способе крепления. В патроны типа «Кэмлокк» установлены на резьбе три

или шесть зажимных пальцев, вводимые при установке патрона в соответствующие отверстия фланца и зажимаемые с помощью патронного ключа эксцентриковыми пальцами в этих фланцах. Зажимные пальцы передают крутящий момент на патрон вместо втулки-шпонки. Система крепления «Кэмлокк» обеспечивает быструю сменяемость патронов, предварительно настроенных на типаж изготавливаемых в гибком производстве деталей.

### 2.2.3. Шпиндели токарных станков с резьбовыми базами

Некоторые токарные станки имеют шпиндель, одна из базовых поверхностей которого выполнена в виде метрической, трапецеидальной или прямоугольной резьбы (схема 5 рисунок 2.2, рисунок 2.5). Основное назначение резьбы – закрепление приспособления, а также передача на него крутящего момента, достаточного для преодоления сил резания (базовая точка б на рисунке 2.5). Так как резьбовая поверхность даже достаточно высокого класса точности не обеспечивает посадку с минимальным зазором, то основной базовой поверхностью является высокоточная цилиндрическая ступень шпинделя, выполняемая по 4...5-му квалитетам. Упорной базой служит торец.

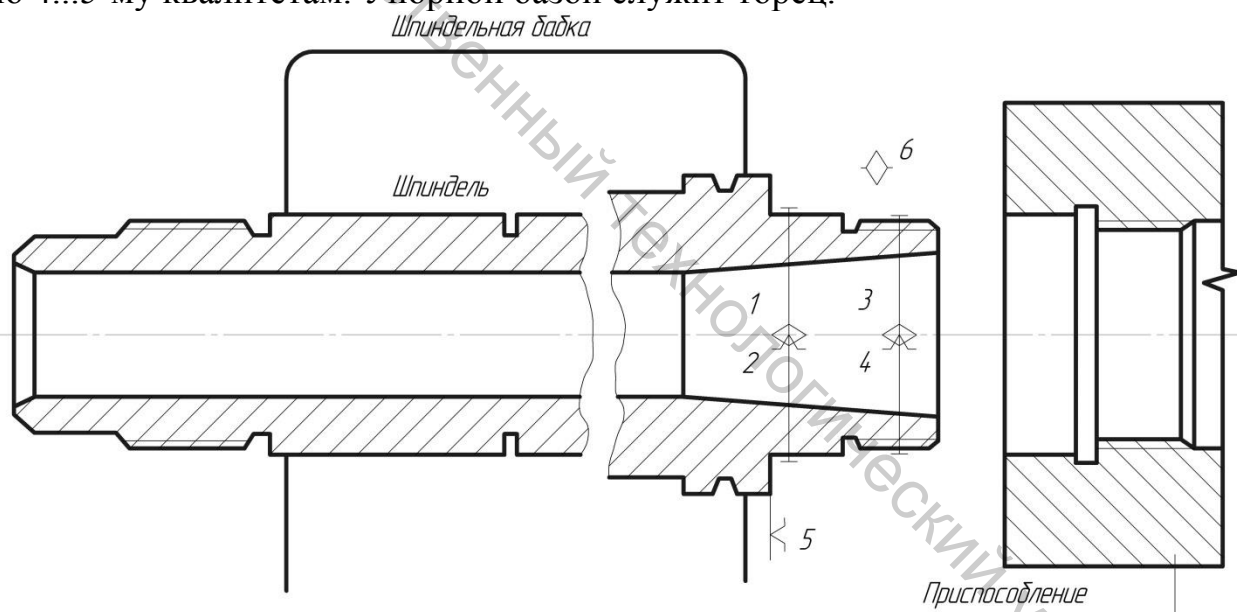


Рисунок 2.5 – Схема базирования приспособлений на шпинделе токарного станка с резьбовой базой (базовые точки указаны по вспомогательным базам шпинделя)

Крепление приспособления с помощью резьбового участка шпинделя имеет существенный недостаток – передача крутящего момента эффективна только при вращении в направлении «затяжки» резьбы. Для возможности передачи момента (осуществления резания) при обратном вращении шпинделя приспособление должно иметь элементы фиксации – стопорные винты, штифты, контргайки, разрезные (стяжные) гайки и т. п. Однако передаваемый обратный крутящий момент ограничен и оговаривается в технических характеристиках

станка. Как правило, шпиндели с резьбовыми базами имеют и дополнительную базу в виде внутреннего метрического конуса или конуса Морзе.

#### **2.2.4. Шпиндели токарных одно- и многошпиндельных прутковых автоматов**

Базирование и закрепление заготовок в виде прутков в токарных автоматах осуществляется цангами, что обуславливает конструктивные особенности базовых поверхностей шпинделей. Наиболее существенно отличие способов установки цанг для автоматов различных габаритов (легких и тяжелых).

В легких прутковых автоматах – фасонно-отрезных, фасоннопродольного течения, револьверных и многошпиндельных – цанги устанавливаются непосредственно в базы шпинделя (схемы 7 и 8 рисунок 2.2), выполненные в виде несамотормозящегося конуса (угол конуса  $30^\circ$ ) и цилиндрического направляющего участка, которые суммарно обеспечивают пять базовых точек. От проворота цанги (для передачи крутящего момента) в шпинделе предусматриваются шпонки или штифты на одной из базовых поверхностей – конической или цилиндрической. Шпонка на конусе шпинделя фиксирует цангу по ее лепестковому разрезу (пазу). Для фиксации по цилиндрическому участку цанги имеют шпоночный паз.

В тяжелых прутковых автоматах (диаметр прутка более 40 мм) базы выполнены в виде высокоточной цилиндрической ступени отверстия шпинделя (схема 9 рисунок 2.2), внутреннего торца и резьбового участка, предназначенных для установки промежуточных сменных втулок для цанг.

#### **2.2.5. Шпиндели токарных одно- и многошпиндельных горизонтальных полуавтоматов**

Отличительная особенность этих полуавтоматов заключается в возможности обработки штучных заготовок различного вида и формы: поковок, отливок, проката (например, отрезанной от прутка заготовки). Поэтому в таких полуавтоматах могут использоваться схемы обработки в кулачковых и цанговых патронах.

Для токарных полуавтоматов также характерна зависимость вида базовых поверхностей шпинделя от габаритов станка (обрабатываемых заготовок). В более крупных автоматах шпиндели выполняются с фланцевыми концами, аналогичными токарно-винторезным станкам (п. 2.2.1). В полуавтоматах меньшего габарита используется более простая фланцевая конструкция по схеме 6 рисунок 2.2 с комбинацией внутренних баз как у прутковых автоматов (схемы 7, 8 или 9).

Фланцевое базирование по схеме 6 осуществляется по торцевой плоскости шпинделя (установочная база) с центрированием по наружному цилиндру

фланца (двойная направляющая база). Крепление производится по резьбовым отверстиям во фланце шпинделя винтами через отверстия в патроне.

При обработке в полуавтоматах штучных заготовок из калиброванных прутков различного профиля для повышения точности используются схемы базирования в цангах, аналогичные схемам прутковых автоматов.

В одношпindelных полуавтоматах зажим-разжим приспособления производится вручную или механизированным приводом – вращающимся пневмоцилиндром или гидроцилиндром, электромеханическим устройством.

Многошпindelные горизонтальные полуавтоматы выполняются на конструктивной базе соответствующих прутковых автоматов и в них, как правило, сохранены механические кулачковые приводы зажима-разжима цанг, которые используются для привода автоматических кулачковых патронов и специальных приспособлений.

### **2.2.6. Шпиндели токарно-карусельных станков**

Токарно-карусельные станки, в которых применяются базы по схеме 11 рисунка 2.2, предназначены для обработки заготовок деталей класса дисков большого диаметра (от 800 до 24000 мм) и подразделяются на одностоечные (диаметры заготовок до 1600 мм) и двухстоечные. Компоновка токарно-карусельных станков – вертикальная.

Шпиндель 8 (рисунок 2.6) имеет планшайбу 7 с базовой плоскостью 4 и системами радиальных 2 и параллельных 1 пазов Т-образной формы для установки и фиксации отдельных опор и элементов крепления заготовок. В планшайбе выполнено центральное отверстие 5, которое является базой для центрирования или выверки заготовки. Сам шпиндель, к которому крепится планшайба, может иметь (не во всех моделях станков) внутренний конус 6, выполняющий роль дополнительной базовой поверхности. Если внутренний конус не используется при обработке, то он закрывается крышкой.

Т-образные пазы планшайбы соответствуют по размерам ГОСТ 1574–91 и выполняют две функции – направление конструктивных элементов опор и зажимов (как шпоночные пазы) и их крепление с помощью специальных винтов (также называемых Т-образными).

Для базирования и крепления зажимных устройств (кулачков) в планшайбе выполнены три, четыре или шесть пар пазов 1, параллельных радиусу планшайбы. Между ними расположены «зигзагообразные» пазы 3 (исполнение 1) или резьбовые отверстия 9 (исполнение 2) для центрирования зажимных устройств и восприятия радиальных усилий зажима. Конструкция «зигзагообразных» пазов и резьбовых отверстий, имеющих центрирующие пояски, позволяет переставлять зажимные устройства в радиальном направлении для фиксации заготовок определенного диапазона диаметров.

На рисунке 2.7а приведена схема установки на планшайбе токарно-карусельного станка базирующе-зажимного элемента с независимым ручным приводом. Корпус 1 зажимного устройства устанавливается на основную плос-

кость планшайбы и ориентируется по одному из Т-образных пазов, для чего на нижней плоскости корпуса имеется шпоночный паз с закрепленной винтом шпонкой 7. Корпус имеет на основании точное отверстие, в которое входит палец-упор 5, закрепленный в отверстии планшайбы винтом 6. Для наладки зажимного устройства в радиальном направлении на определенный диапазон диаметров заготовок  $D_{\min} \dots D_{\max}$  палец-упор переставляется в соответствующее отверстие 9 (рисунок 2.6). В некоторых конструкциях зажимных устройств палец-упор может закрепляться в корпусе приспособления, а не в планшайбе.

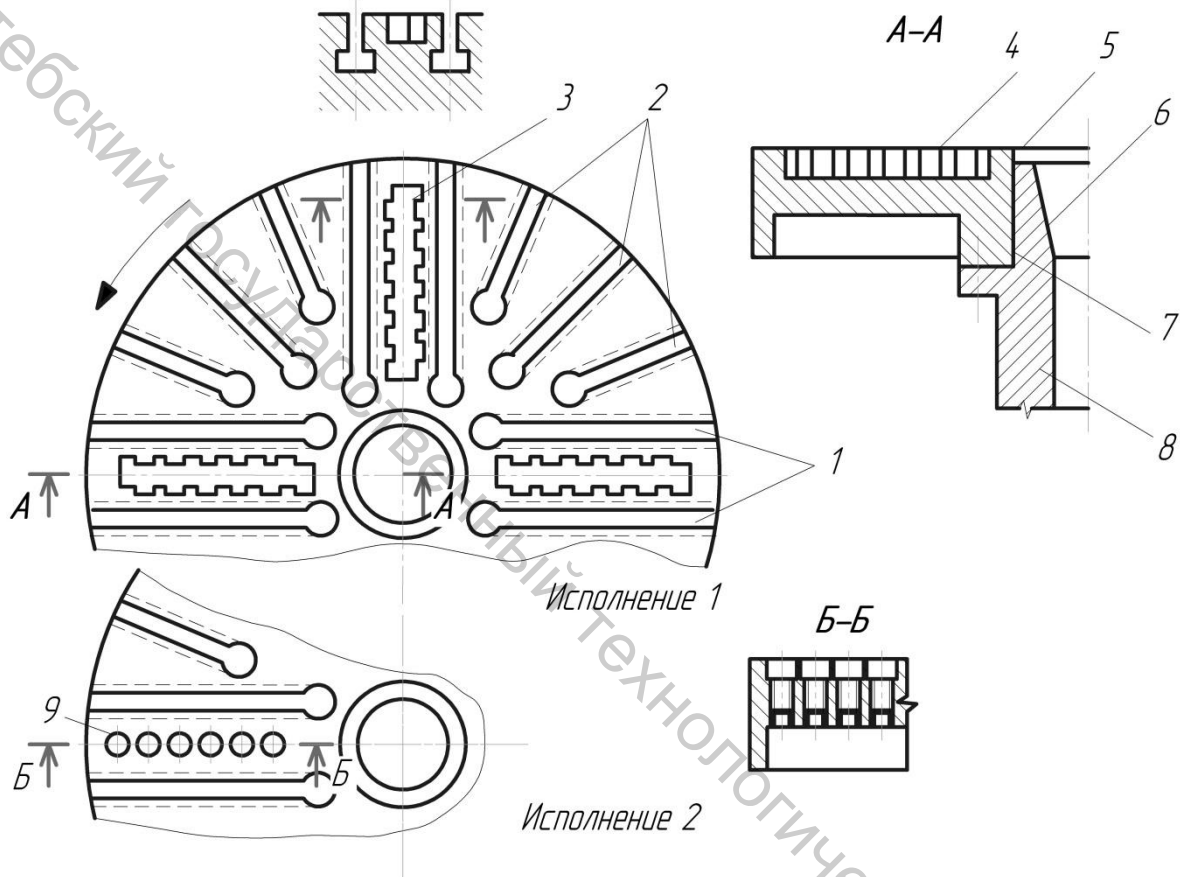


Рисунок 2.6 – Планшайба(7) шпинделя(8) токарного карусельного станка:  
 1 – системы Т-образных пазов для установки основных опор и зажимов (3, 4 или 6);  
 2 – Т-образные пазы для установки дополнительных опор;  
 3 – зигзагообразные пазы или системы глухих отверстий для фиксации (упора) зажимных элементов; 4 – основная базовая плоскость;  
 5 – центрирующая база (для установки или выверки заготовок);  
 6 – дополнительная коническая базовая поверхность (у некоторых моделей)

В станках с планшайбой исполнения 1 палец-упор 5 приспособления фиксируется в радиальном направлении по сквозному отверстию специальной планки 8 (рисунок 2.7б), переставляемой в «зигзагообразном» пазу, который представляет собой зеркально расположенные друг относительно друга впадины Н и выступы h одинаковой ширины. Планка 8 имеет точные сопрягаемые паз и выступ, с помощью которых она фиксируется радиально на планшайбе,



Для увеличения жесткости технологической системы ЗИПС (заготовка-инструмент-приспособление-станок) при обработке нежестких заготовок на планшайбе в пазах 2 (рисунок 2.6) устанавливаются дополнительные нерегулируемые или регулируемые (подводные) опоры.

## **2.3 Виды базовых поверхностей рабочих органов для установки заготовок на станках шлифовальной группы**

### **2.3.1 Особенности шлифовальных станков для обработки цилиндрических и резьбовых поверхностей**

Основной особенностью и общностью рабочих органов для установки заготовок в станках шлифовальной группы является то, что они сообщают изделию движения подачи (круговой, линейной и их сочетание).

Принципиально отличаются рабочие органы шлифовальных станков, предназначенных для обработки наружных и внутренних поверхностей заготовок деталей класса тел вращения и класса корпусов, что обусловлено, естественно, различием схем формообразования.

В частности, станки общемашиностроительного назначения для изготовления деталей класса тел вращения подразделяются на круглошлифовальные, внутришлифовальные и универсальные круглошлифовальные. Из специализированных станков можно выделить резьбошлифовальные, которые по конструкциям рабочих органов для установки заготовок близки к универсальным круглошлифовальным полуавтоматам.

Различие этих типов станков заключается в возможности обработки наружных и внутренних цилиндрических поверхностей по центровой или патронной и патронно-центральной схемам базирования.

Круглошлифовальные станки предназначены для обработки только наружных поверхностей (валов) по центровой схеме базирования, внутришлифовальные – в основном только внутренних поверхностей по патронной схеме базирования. Универсальные круглошлифовальные станки позволяют обрабатывать как наружные, так и внутренние поверхности вращения с применением обеих схем базирования.

### **2.3.2 Фланцевые шпиндели круглошлифовальных станков**

На операциях круглого шлифования валов в основном используется схема базирования в невращающихся (жестких) центрах. При этом между основными базами заготовки (центровыми отверстиями, внутренними фасками) и вспомогательными базами – конусами центров при обработке – имеет место трение скольжения. Тепловое воздействие трения незначительно, так как заготовка вращается с низкой частотой вращения круговой подачи. Тем не менее, для уменьшения изнашивания рекомендуется применение центров с твердосплавными конусами, а также предварительное нанесение на поверхности трения

консистентной смазки перед выполнением операции, что должно быть отражено в документах технологического процесса.

На рисунке 2.8 изображен узел шпинделя передней бабки (изделия) круглошлифовального станка.

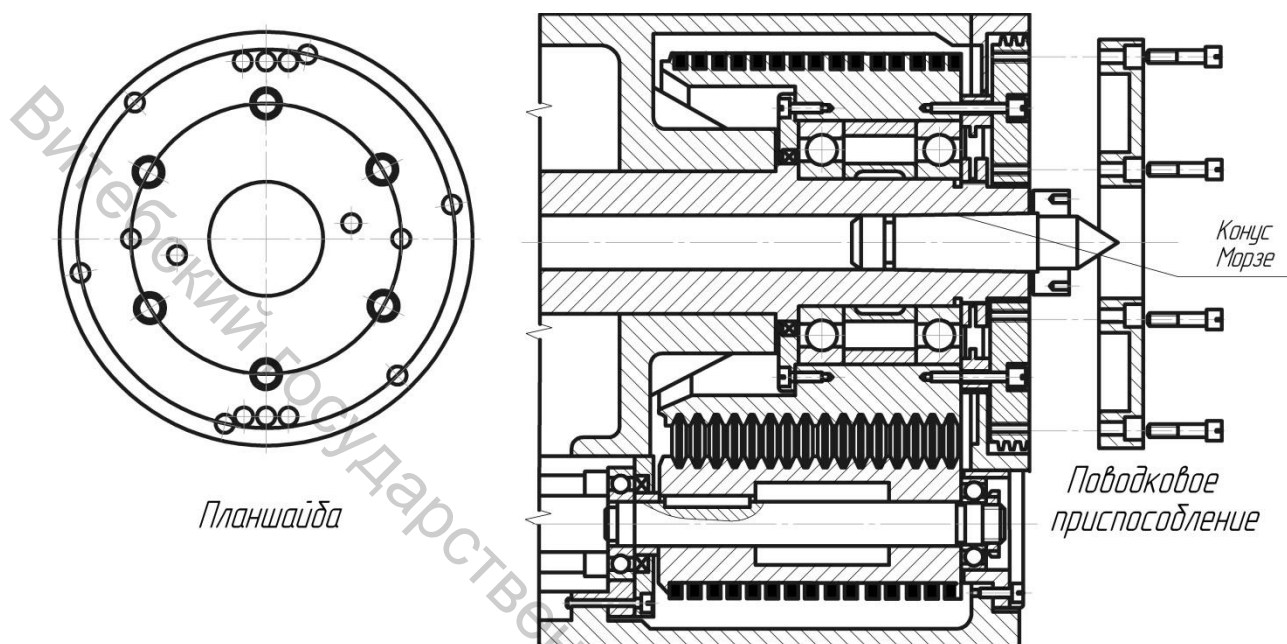


Рисунок 2.8 – Узел шпинделя передней бабки круглошлифовального станка (мод. 3А174) с неврвращающимся базовым центром (на левом виде поводковое приспособление условно не показано)

В корпусе шпиндельной бабки неподвижно закреплена высокоточная втулка с внутренним конусом Морзе – базой неврвращающегося центра. На втулке установлен на подшипниках качения многоручьевой шкив, на который передается вращение от редуктора привода круговой подачи. К шкиву закреплена планшайба – диск с системами резьбовых отверстий для установки поводковых приспособлений, передающих крутящий момент на заготовку (непосредственно или через поводок, закрепленный на этой заготовке). Таким образом, заготовка вращается относительно неподвижных центров планшайбой через поводковое приспособление.

Фиксация базового центра от проворота во втулке шпинделя осуществляется силами трения (самоторможением) по конусу Морзе. Съем центра производится специальной гайкой на его резьбовом участке (ГОСТ 2575–79).

На рисунке 2.9 приведен пример установки заготовки детали «Вал» на круглошлифовальном станке с использованием специального поводка, закрепляемого винтом.

Задняя бабка круглошлифовального станка также относится к рабочему органу для базирования заготовки, так как предназначена для установки второго (заднего) неврвращающегося центра и поджима заготовки к переднему центру

в шпиндельном узле передней бабки. Так как пиноль задней бабки вместе с центром совершает осевое перемещение (имеет одну степень свободы при базировании), то задний центр обеспечивает только две базовые точки, а не три как передний неподвижный центр (рисунок 2.9). Движение пиноли в станках производится винтовым приводом. Концевая часть винта выполняет вспомогательную функцию упора для выталкивания центра в конце обратного хода пиноли. В круглошлифовальных полуавтоматах пиноль задней бабки оснащена гидравлическим, пневматическим или электромеханическим приводом.

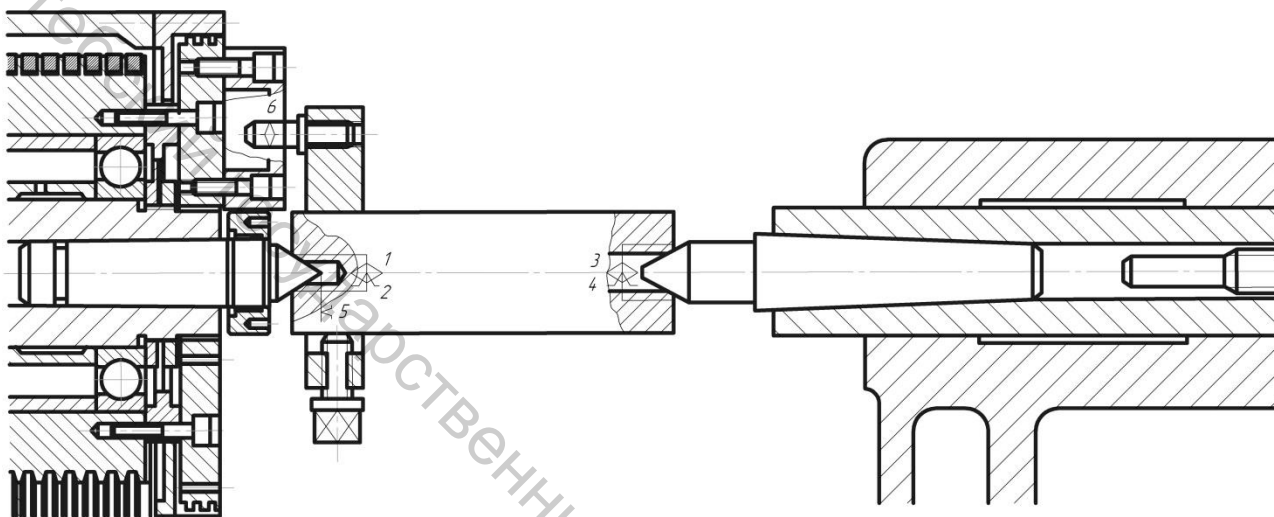


Рисунок 2.9 – Пример установки заготовки на круглошлифовальном станке в невращающихся центрах с использованием специального поводка

### 2.3.3 Шпиндели внутришлифовальных и универсальных круглошлифовальных станков

При внутреннем шлифовании заготовок деталей классов «Втулка» возможно использование только патронных или цанговых схем базирования. Это и предопределило конструкции базовых поверхностей шпинделей для установки заготовок внутришлифовальных и универсальных круглошлифовальных станков: по схеме 1 рисунка 2.2, аналогичные базам шпинделей токарных станков; по схемам 7 или 8 рисунка 2.2 типа «конус – цилиндр» (внутренние).

Последний вид базовых поверхностей предусматривает непосредственное использование установочно-зажимных цанг. На рисунке 2.10 приведена схема конструкции такого шпинделя.

Вспомогательная база 4 (конус  $30^\circ$ ) имеет стандартные размеры под сменные цанги 5, каждая из которых рассчитана на один конкретный диаметр закрепляемой заготовки. При этом к точности установочно-закрепленной поверхности заготовки предъявляются достаточно высокие требования (не ниже  $h10$ ). При обработке коротких заготовок (втулок) относительно небольшого диаметра

на станках малых габаритов крепление цанг производится резьбовой тягой 6 («шомполом») к заднему торцу шпинделя 1.

В более крупных станках, а также при необходимости шлифования отверстий в концах длинных валов используются трубчатые резьбовые тяги 7, внутренний диаметр которых ограничивает максимальный диаметр шлифуемого вала (прутка). Это обстоятельство необходимо учитывать при выборе модели внутришлифовального станка для выполнения подобных операций.

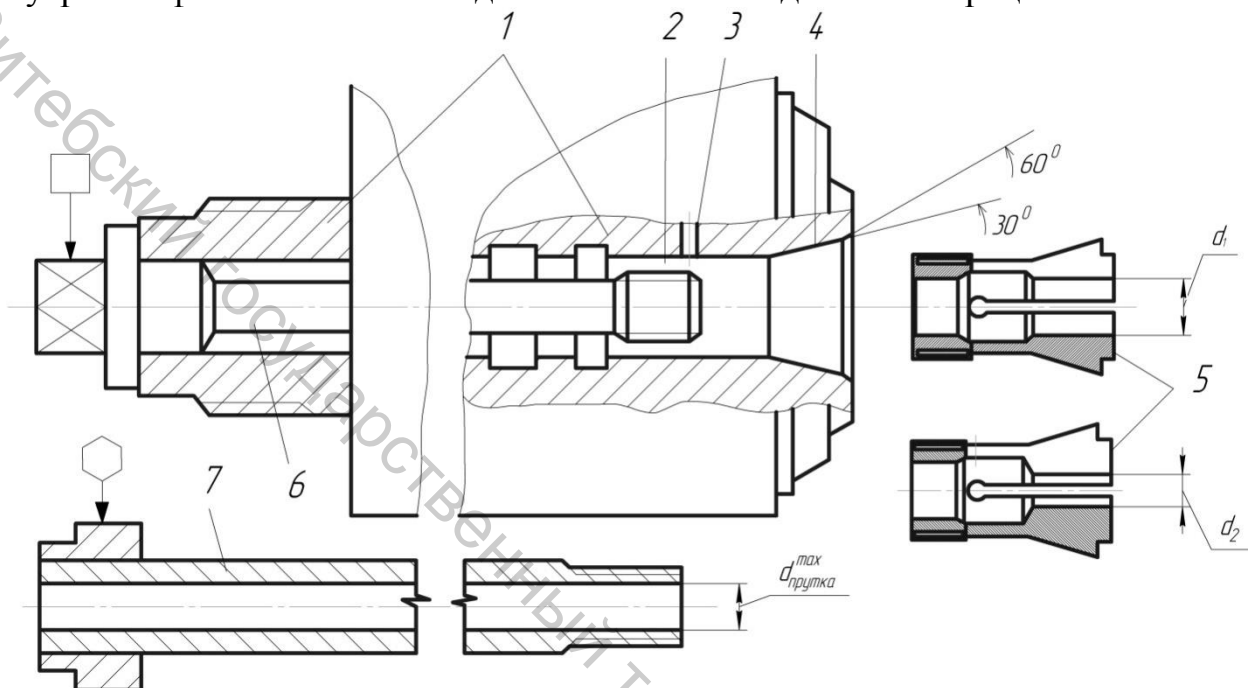


Рисунок 2.10 – Шпиндель внутришлифовального станка с непосредственным базированием и зажимом заготовок в цанга

Вспомогательная база 2 в виде высокоточного отверстия имеет продольную шпонку или штифт 3, фиксирующие цангу от проворота (схема 7 рисунок 2.2). Цанги должны иметь ответный шпоночный паз на цилиндрическом участке. Такая фиксация необходима не столько для передачи на заготовку крутящего момента при шлифовании, сколько для предотвращения проворота цанги при ее зажиме и раскреплении резьбовой тягой (6 или 7). Наряду с этой схемой, возможно расположение шпонки на конической базе 4 (схема 8 рисунок 2.2), фиксирующей цангу по продольному лепестковому разрезу.

Во внутришлифовальных полуавтоматах вместо ручных зажимов (резьбовых тяг) используются механизированные с пневмо- или гидроприводом. Поэтому в операциях, выполняемых на таких полуавтоматах, шпонки могут не использоваться (учитывая, что внутреннее шлифование выполняется как процесс чистовой обработки с минимальными припусками при незначительном крутящем моменте круговой подачи).

В станках средних и крупных габаритов при использовании цанг относительно небольшого диаметра зажима применяются переходные втулки, как это показано на рисунке 2.11.

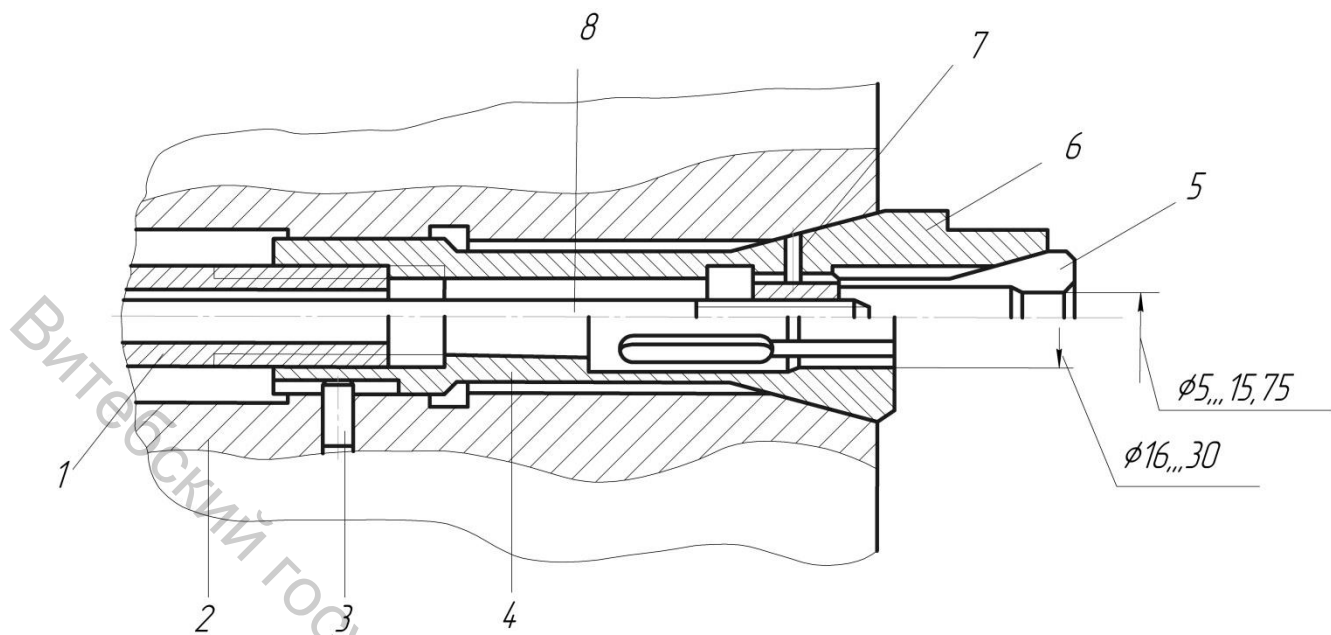


Рисунок 2.11 – Шпиндель внутришлифовального (универсального круглошлифовального) станка с переходной втулкой для цанг малого диаметра (для сравнения приведена цанга прямого базирования в шпинделе)

Переходная втулка 6 имеет наружную конфигурацию, аналогичную цанге прямого базирования 4, но без продольных лепестковых пазов и с удлиненной передней частью. Внутри переходной втулки выполнены базы, идентичные базам шпинделя 2, но с меньшими размерами, соответствующими размерам малогабаритных цанг 5. Внутри шпинделя размещены две тяги: одна тяга 1 для крепления переходной втулки, а вторая 8 – для затяжки самой цанги. Втулка имеет шпоночный паз, которым фиксируется от проворота по штифту 3 в шпинделе станка, и собственный штифт 7 для фиксации устанавливаемых во втулку цанг.

Помимо цанговых переходных втулок применяются и другие переходные элементы (втулки и оправки, рисунок 2.12) при наладках универсальных круглошлифовальных станков для наружного шлифования деталей класса «Вал» в центрах и внутреннего шлифования деталей класса «Втулка» в самоцентрирующих патронах (при невозможности использования цанг: для заготовок относительно большого диаметра, при наличии на поверхности зажима каких-либо выступов, нестандартном диаметре поверхности зажима и т.д.).

Втулка 2 (рисунок 2.12) для наружного круглого шлифования имеет внутреннюю базу в виде конуса Морзе для установки упорных центров 5 (ГОСТ 13214–79) или с резьбовым пояском 4 (ГОСТ 2575–79), на котором устанавливается отжимная гайка 3 для «выталкивания» центра из втулки при его замене. Переходная втулка для центров не используется во внутришлифовальных станках, так как они не имеют задней бабки для второго центра, то есть не рассчитаны на центровую или патронно-центровую схемы базирования.

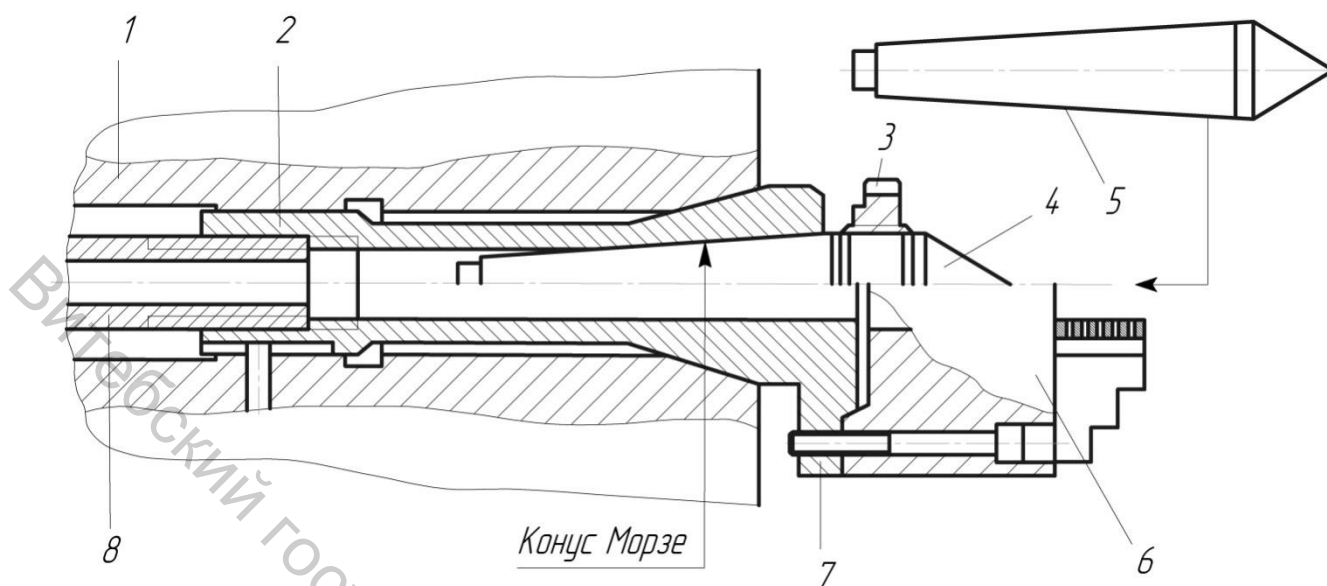


Рисунок 2.12 – Шпиндель универсального круглошлифовального станка с переходной втулкой для центров и переходной оправкой для кулачкового патрона

Переходная оправка 7 (рисунок 2.12) предназначена для установки на станке патронов 6 (двух- или трехкулачковых самоцентрирующих, четырехкулачковых несамоцентрирующих). Для этого оправка имеет две группы баз, сопрягаемых с базами шпинделя 2 (цилиндр-конус) и базами патрона (по схеме 1 рисунок 2.2). В самоцентрирующем патроне производится внутреннее или наружное шлифование заготовок деталей «тел вращения», а в четырехкулачковом – корпусных деталей при наличии в них основных баз (поверхностей зажима) под кулачки. При отсутствии в заготовках корпусных деталей баз, «удобных» для установки и надежного закрепления, применяются специализированные приспособления – планшайбы. Планшайба как базируюуще-зажимное приспособление представляет собой диск, имеющий основные базы под рабочий орган станка или переходный элемент, а также системы точных ориентирующих и крепежных поверхностей (Т-образные или шпоночные пазы, цилиндрические и резьбовые отверстия и т.п.).

Универсальные круглошлифовальные и внутришлифовальные станки имеют в комплекте поставляемой оснастки планшайбы (рисунок 2.13). Планшайба выполняется сборной из переходной оправки 1 и диска планшайбы 2. Переходная оправка планшайбы конструктивно аналогична переходной оправке патрона (см. рисунок 2.12), но имеет другие базы: наружный центрирующий цилиндр и торцовую плоскость (схема 6 рисунок 2.2).

Системы радиальных Т-образных пазов и резьбовых отверстий с центрирующими поясками позволяют смонтировать на планшайбе установочные и зажимные элементы, реализующие различные схемы базирования и закрепле-

ния корпусных деталей. Для этой цели используются стандартные или специальные установочные элементы – пластины, планки, штыри, полные и срезанные (ромбические) пальцы и т.п., а для закрепления заготовки – прихваты, опоры, винтовые или эксцентриковые зажимы и т.д.

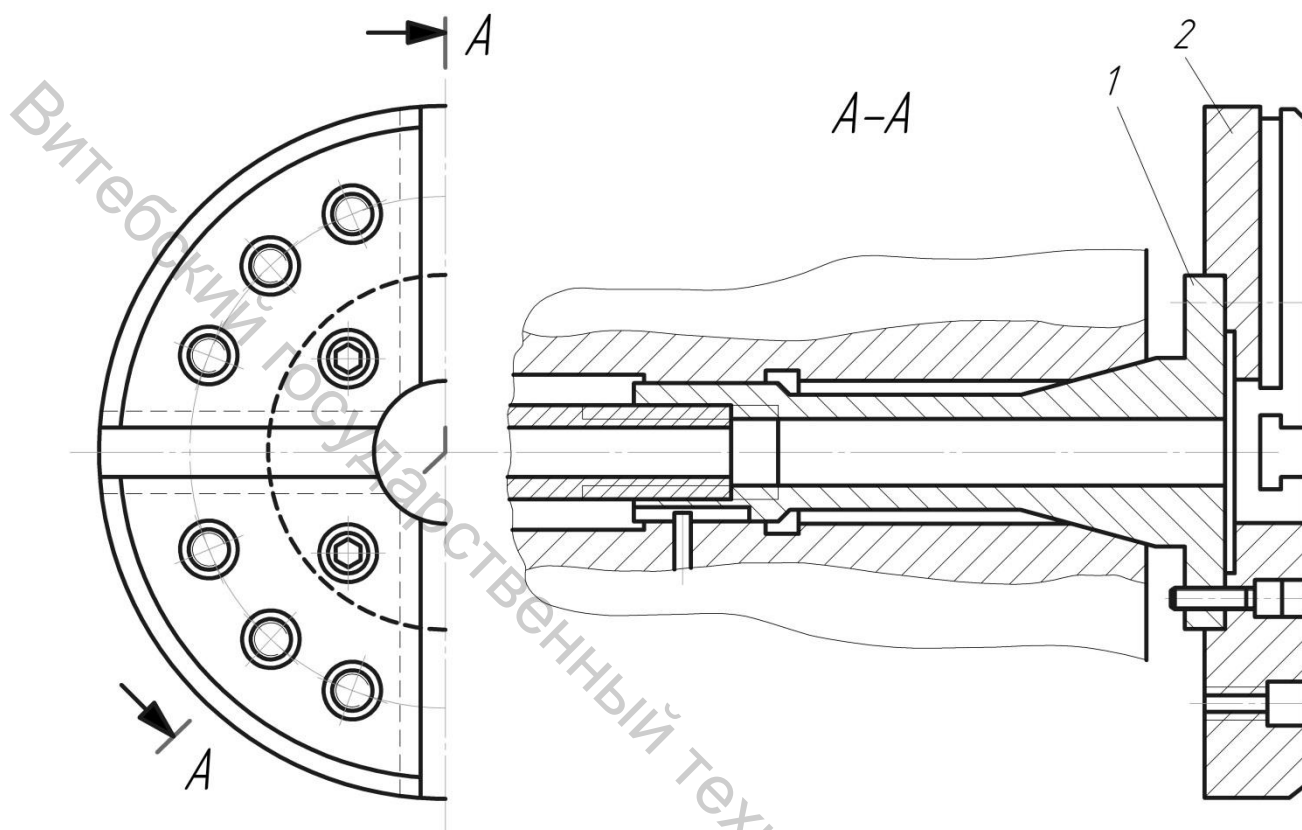


Рисунок 2.13 – Планшайба универсального круглошлифовального станка для обработки заготовок корпусных деталей

#### 2.4 Рабочие органы (столы) для установки заготовок карусельно- и зубофрезерных полуавтоматов

Рабочие органы металлорежущих станков, выполняющие линейные или (и) круговые движения подачи, называются столами.

Столы карусельно-фрезерных и зубофрезерных станков, обеспечивающие круговое движение подачи, имеют две разновидности конструктивного решения: с радиальными и с крестовыми Т-образными пазами (рисунок 2.14).

Зубофрезерные полуавтоматы имеют поворотные столы с радиальными пазами, предназначенными для крепления базирующе-зажимных приспособлений. Установка приспособлений осуществляется по плоскости стола (установочная база) с центрированием по отверстию (двойная опорная база). Столы многих зубофрезерных полуавтоматов имеют центральное сквозное отверстие с базовым конусом Морзе, по которому также может производиться установка

центра, цангового или другого приспособления. Внутри стола зубофрезерного полуавтомата могут быть установлены гидравлические приводы для автоматизации процессов закрепления и раскрепления заготовок.

Аналогичные конструкции базовых поверхностей и в поворотных столах зубодолбежных станков (полуавтоматов), а также некоторых других специализированных станков (например, в вертикальном сверлильном полуавтомате для обработки крепежных отверстий во фланцах, в котором поворотный стол используется как делительный механизм).

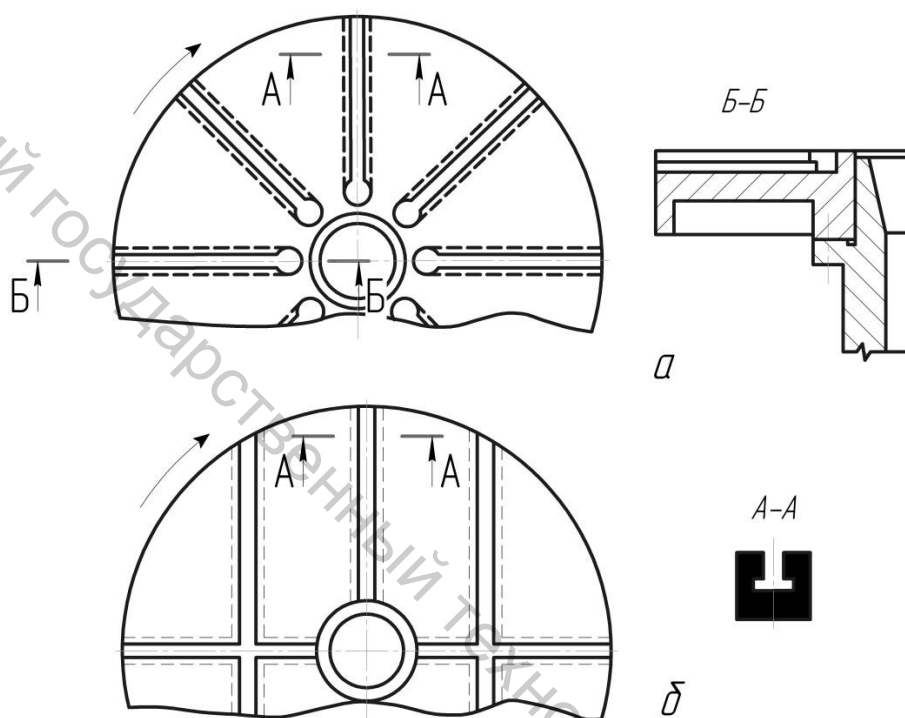


Рисунок 2.14 – Столы зубофрезерных (а) и карусельнофрезерных (б) станков

Карусельно-фрезерные полуавтоматы как технологические машины непрерывного действия имеют поворотные столы с крестовыми (двухкоординатными) Т-образными пазами или специальные столы с системами резьбовых отверстий для крепления приспособлений (уточняется по паспорту станка). Основная область использования полуавтоматов – высокопроизводительная обработка плоскостей заготовок. Специфика операционной технологии заключается в применении многопозиционной обработки в нескольких приспособлениях. Поэтому в большинстве случаев центральное отверстие не применяется для базирования приспособлений - они устанавливаются равномерно по окружности стола. Следует отметить, что некоторые карусельно-фрезерные станки оснащаются двумя шпиндельными бабками, что позволяет последовательно производить черновое и чистовое фрезерование за один установ заготовок. Используются и схемы непрерывного фрезерования двух различных плоскостей заготовок за два установка. В этом случае на столе карусельно-фрезерного станка

устанавливаются два типа приспособлений (чередующихся через угловой шаг) с соответствующими схемами базирования.

## **2.5 Рабочие органы (столы) станков с линейными и линейно-круговыми движениями подач заготовок**

### **2.5.1 Столы станков с линейными движениями подач**

Столы с линейными или комбинацией линейных и круговых движений подач имеются во фрезерных, сверлильных, плоскошлифовальных, строгальных, долбежных и некоторых других станках. Столы с линейными подачами выполняются по конструктивной схеме 14 рисунка 2.2 в виде прямоугольных плит с параллельными Т-образными пазами. Размеры столов стандартизованы и зависят от габаритного ряда станка. В зависимости от ширины стола количество пазов может быть 1, 2, 3 или 5 (уточняется по паспорту станка). Размеры Т-образных пазов также стандартизованы (ГОСТ 1574–91).

Для базирования и закрепления приспособлений на столе станка с Т-образными пазами применяются типовые схемы, представленные на рисунке 2.15. Корпус приспособления 1 должен иметь минимум два паза для винта 3, также называемого «Т-образным». Головка винта 3 диаметром  $D$  выполнена с двумя симметричными лысками в размер  $B_2$  ( $h14$ ) и свободно проходит в Т-образном пазу стола без возможности проворота.

Учитывая, что Т-образные пазы столов станков выполняются сквозными, то установка крепежных винтов 3 возможна после базирования и выверки приспособления на столе при условии, что пазы в корпусе имеют направление вдоль пазов стола, как показано на рисунке 2.15а. Для сравнения показаны и нетехнологичные решения, когда для закрепления приспособления в его корпусе выполнены отверстия (рисунок 2.15е) или пазы, не совпадающие с направлением Т-образных пазов стола (рисунок 2.15д). Нетехнологичность этих решений обусловлена необходимостью установки приспособления по схеме «сверху – вниз» на предварительно поставленные в Т-образные пазы стола винты 3. Это становится достаточно трудоемкой операцией наладки для тяжелых приспособлений, устанавливаемых как минимум на четыре винта.

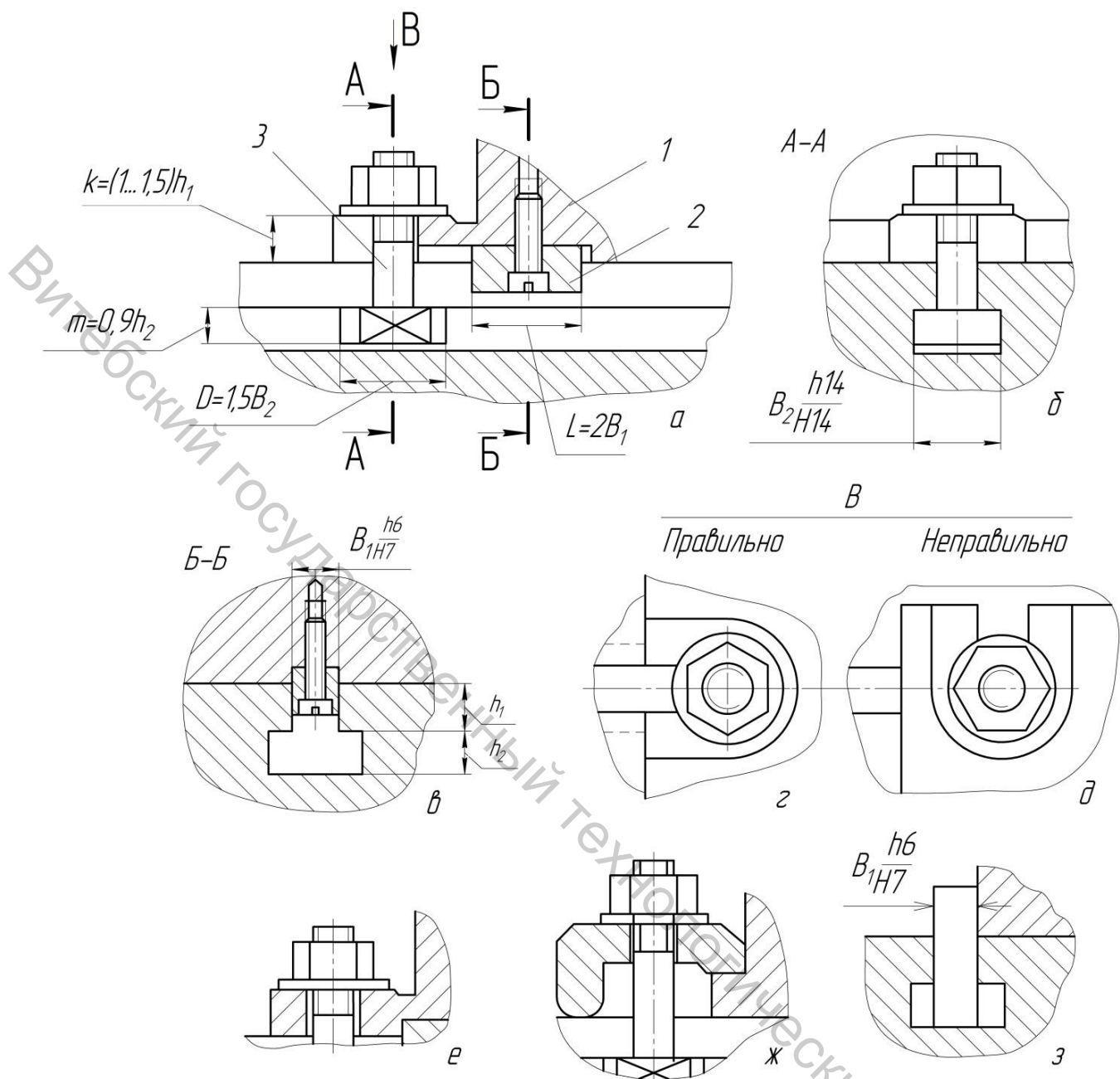


Рисунок 2.15 – Типовые схемы установки (базирования и закрепления) приспособлений на столах с Т-образными пазами: а, б, в, г – технологические решения; д, е – нетехнологические решения; ж, з – допустимые исполнения для приспособлений из УСПО в мелкосерийном производстве; относительные размеры – рекомендуемые

Для точной ориентации приспособления на столе станка в качестве направляющей базы применяются две шпонки 2, закрепляемые в шпоночном пазу основания корпуса 1. В приспособлениях для высокоточных финишных операций (например, плоского шлифования или комбинированной обработки на многооперационных станках с ЧПУ) рекомендуется в основании корпуса выполнять один сквозной шпоночный паз под обе направляющие шпонки для возможности его шлифования за один установ.

Столы станков имеют нечетное количество Т-образных пазов. При симметричной установке приспособления на столах с числом пазов три и более рекомендуется шпонки устанавливать в центральный паз. При проектировании специальных приспособлений количество винтов крепления и выбор пазов стола под них определяется в зависимости от условий силового нагружения приспособления (снимаемого припуска и режимов резания), жесткости конструкции самого приспособления, вероятности вибраций при обработке и других конкретных требований.

Для мелкосерийного производства достаточно часто используются специальные приспособления, komponуемые из комплекта универсальной сборно-переналаживаемой оснастки (УСПО) (ГОСТ 31.121.41-84). Как вариант крепления таких приспособлений допустимо применение типовых внешних прихватов из комплекта УСПО (рисунок 2.15ж) при сохранении принципа ориентации (направления) по шпонкам в корпусе. При отсутствии в корпусе приспособления шпоночных пазов возможно его направление по внешней «шпонке», роль которой выполняют специальные шлифованные пластины или одна достаточно длинная планка, устанавливаемые по посадке в один из Т-образных пазов стола, как это показано на рисунке 2.15з (показана посадка по центральному пазу).

Следует отметить, что в столах некоторых моделей станков пазы могут быть выполнены неравноценными по точности размера  $B_1$ , когда только один из них – центральный – предназначен для базирования приспособлений по шпонкам и для крепления, а остальные – только для крепления. Поэтому важно установить исполнения всех пазов стола по паспорту станка.

Необходимость базирования приспособлений (тисков, магнитных плит и т. п.) на фрезерных, плоскошлифовальных, строгальных и некоторых других типах станков по Т-образному пазу неактуальна при обработке плоскостей, параллельных плоскости стола. В таких ситуациях шпонки могут не использоваться, а направляющей базой приспособления служат сами крепежные Т-образные винты, устанавливаемые в любые пазы (вне зависимости от точности размера  $B_1$ ).

### **2.5.2 Столы станков с линейными и круговыми движениями подач**

Некоторые модели современных многооперационных фрезерно-сверлильно-расточных станков с ЧПУ оснащены столами, которые имеют не только линейные программируемые движения, но и поворот, используемый как делительное движение при смене позиции (установа) обработки или в качестве круговой подачи.

Столы таких станков выполняются по конструктивной схеме 15 рисунка 2.2 в виде квадратной плиты с системой высокоточных базирующих и крепежных отверстий 7 (рисунок 2.16).

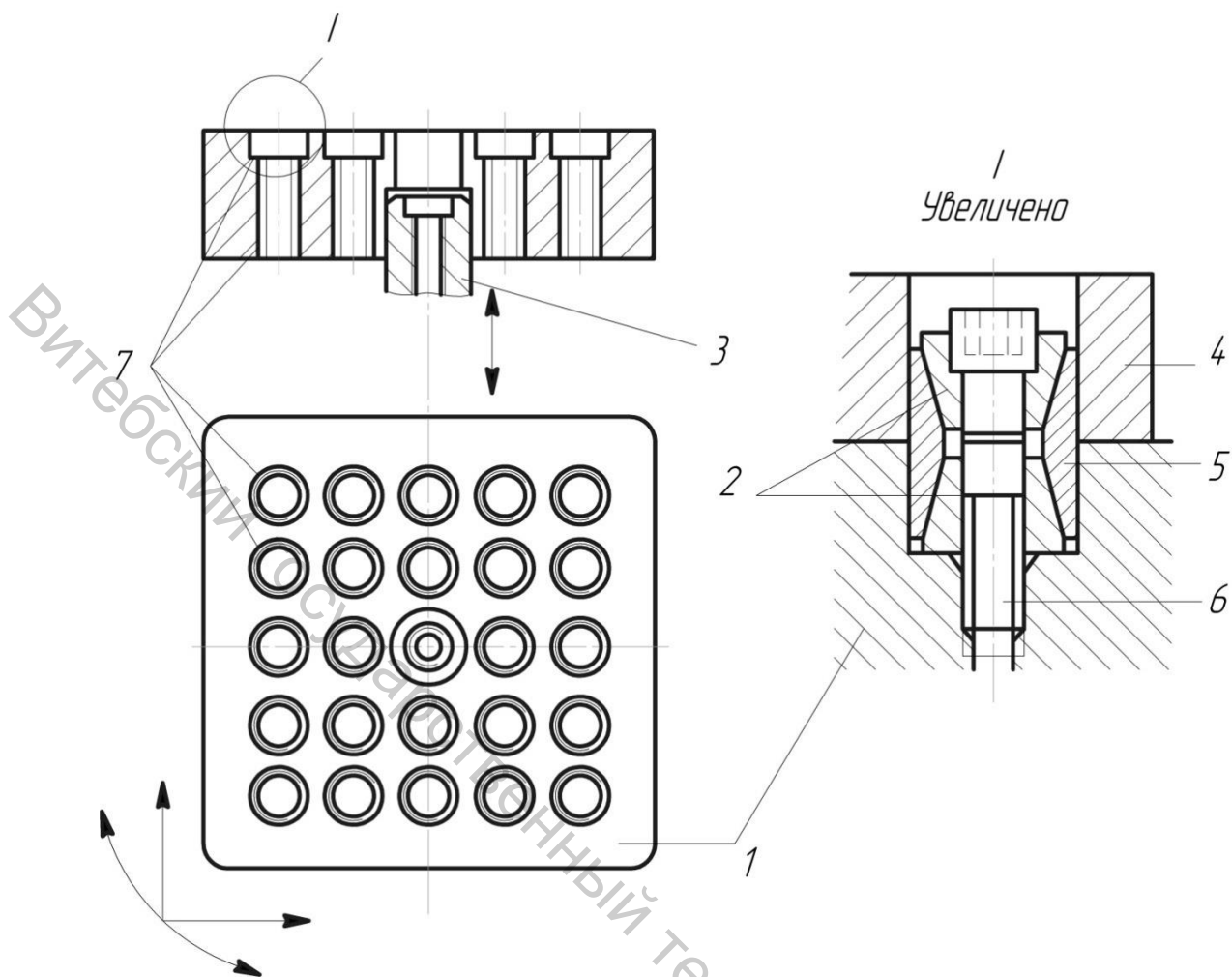


Рисунок 2.16 – Стол многооперационного фрезерно-сверлильно-расточного станка с линейной и круговой подачами (1 – цанговая втулка беззазорного базирования приспособлений)

В геометрическом центре стола 1 выполнено основное базовое отверстие, предназначенное для центрирования приспособлений относительно оси поворота. Эта центрирующая (двойная направляющая) база используется в обязательном порядке, если стол применяется как рабочий орган круговой подачи при обработке кольцевых поверхностей или при высоких требованиях к точности нескольких поверхностей с разных сторон детали относительно центрального (базового) отверстия.

У большинства станков внутри стола имеется гидравлический (реже электромеханический) привод для автоматического зажима заготовок в приспособлении. Выходным элементом привода является шток 3 с внутренней резьбой для соединения с входным элементом зажимного механизма приспособления.

Приспособления 4 устанавливаются на столе станка по классической схеме базирования «по плоскости и двум пальцам», один из которых срезанный (ромбический). «Полный» палец обеспечивает базирование либо по центральному отверстию, либо по одному из базовых отверстий с резьбовым участком. Для

повышения точности базирования могут использоваться цанговые втулки 5, которые за счет конических втулок 2 при затягивании крепежного винта 6 разжимаются и устраняют зазор в соединении «отверстие – палец». Крепление приспособления к столу осуществляется винтами (болтами) по резьбовым отверстиям 7.

### 3 СПОСОБЫ БАЗИРОВАНИЯ И ЗАКРЕПЛЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ НА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ

#### 3.1 Структура приспособлений для установки инструментов.

##### Инструменты с внутренними базами

Процесс комплектования элементов инструментальной оснастки осуществляется по аналогичной вышеописанной (рис. 2.2) схеме с той лишь разницей, что для перебазирования инструмента может использоваться большее количество элементов оснастки и базы рабочих органов инструмента станков отличаются значительно большим многообразием (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Структурная схема комплектования приспособлений для установки инструмента на металлорежущих станках

Все металлорежущие инструменты имеют типовые наружные и внутренние базы.

Внутренние базы в основном выполняются цилиндрическими с высокоточной посадкой (квалитеты Н6...Н5). Для передачи крутящего момента предназначены осевые 1 или торцовые 2 шпоночные пазы (рисунок 3.2). Подобные базы применяются в дисковых, цилиндрических, прорезных и торцовых фрезах,

насадных зенкерах и развертках; зуборезных инструментах – червячных фрезах, долбяках, шеверах, а также в некоторых других инструментах, имеющих ось вращения. В инструментах относительно большой длины вся поверхность базового отверстия разделена на два участка внутренней расточкой, сокращающей трудоемкость шлифования баз.

Внутренняя цилиндрическая база применяется и в круглых фасонных резцах. Для восприятия крутящего момента в них предусматриваются торцовые рифления 3, используемые также для компенсации стачивания передней поверхности после переточек за счет дискретного поворота инструмента по этим рифлениям.

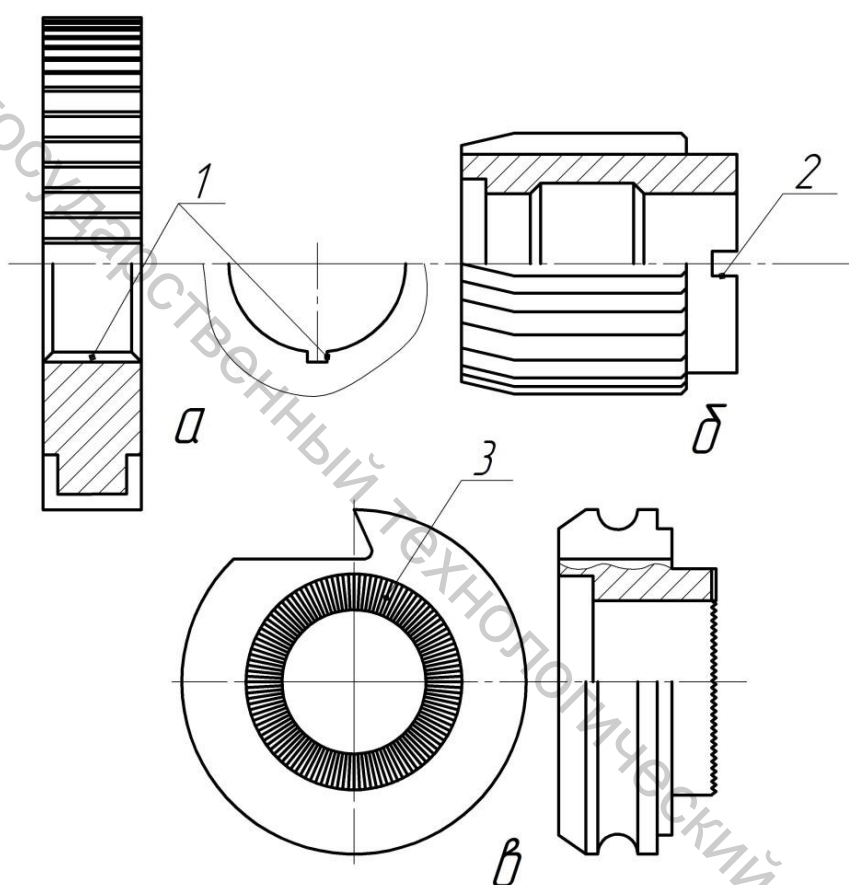


Рисунок 3.2 – Виды внутренних баз металлорежущих инструментов:  
*а* – отверстие с осевым шпоночным пазом; *б* – отверстие с торцовым шпоночным пазом; *в* – отверстие с торцовыми рифлениями

### 3.2 Инструменты с призматическими корпусами

Наружные базы можно условно разделить на три группы (рисунок 3.3):

- с базированием «в угол» (без осевого центрирования);
- с осевым центрированием при установке;

– специальные (например, базы круглых или плоских протяжек).

Призматические базы без осевого центрирования инструмента характерны для различных резцов – токарных, расточных, строгальных и т.п.

### 3.2.1 Токарные резцы

Исполнения призматических корпусов инструментов отличаются, помимо габаритных размеров, способами настройки и крепления. Наиболее распространен простейший конструктивный вид 1 (рис. 3.3) призматического корпуса резца, предназначенного для крепления винтами по верхней грани. В некоторых типах резцедержателей станков для предотвращения смятия поверхности зажима между корпусом и винтом устанавливается пластина из закаленной стали (рис. 3.4а, б).

Кроме винтового, используется и клиновое крепление корпуса резца, как это показано на рисунке 3.4в...е. При этом различают конструкции резцедержателей, револьверных головок, переходных блоков под резцы с наклонными (з) и ненаклонными (в, д, е) клиньями. Наклонный клин (наклон определяется по винту) позволяет закреплять простой призматический корпус резца, в то время как для крепления ненаклонным клином требуются специальные корпуса резцов исполнений 1б или 1в (рисунок 3.3). Отличие в клиновых способах крепления заключается только в большей технологичности ненаклонного исполнения.

Кроме того, сами клинья крепления корпусов резцов могут иметь различные конструкции, некоторые из них приведены на рисунке 3.4ж,з, и. Основными техническими требованиями клинового крепления являются:

- принудительный подъем клина при раскреплении резцов;
- отсутствие проворота клина при вращении винта крепления;
- технологичность сборки.

Принудительный подъем клина обеспечивается:

-винтом с двумя буртиками (рисунок 3.4в, з, д), который применим только с «подковообразным» клином (ж);

-винтом со стопорной шайбой под клином (з, и);

-дифференциальным винтом с разнонаправленными резьбами – правой MR, ввинчиваемой в корпус резцедержателя, и левой ML, ввинчиваемой в клин (рисунок 3.4е).

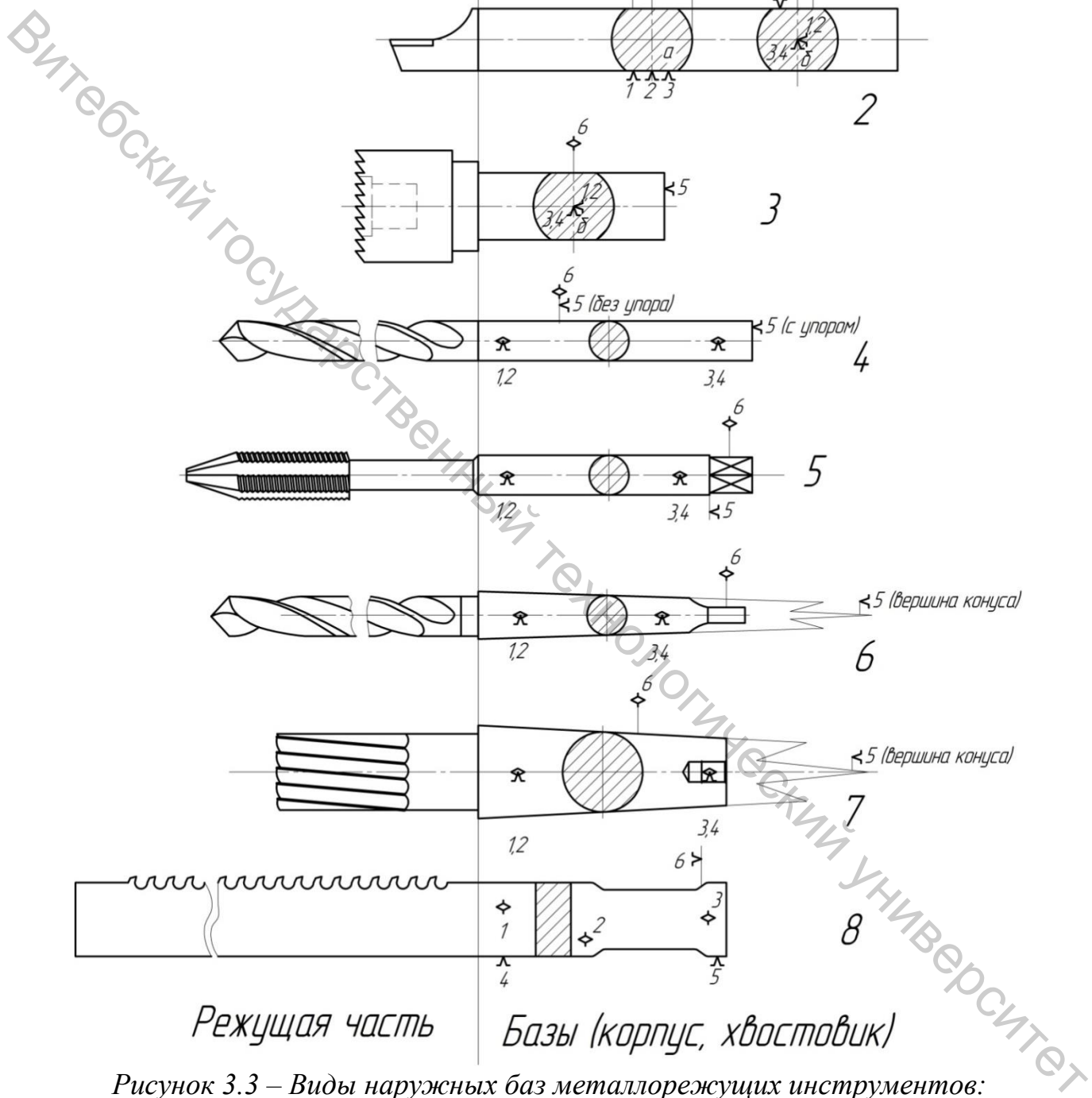


Рисунок 3.3 – Виды наружных баз металлорежущих инструментов:  
 1 – призматические без осевого центрирования; 2 – призматические с осевым центрированием; 3...5 – цилиндрические; 6, 7 – конические; 8 – специальные (\* – альтернативные базовые точки по поверхностям зажима токарных резцов; \*\* – опорная база резцов с настроенным микрометрическим винтом)

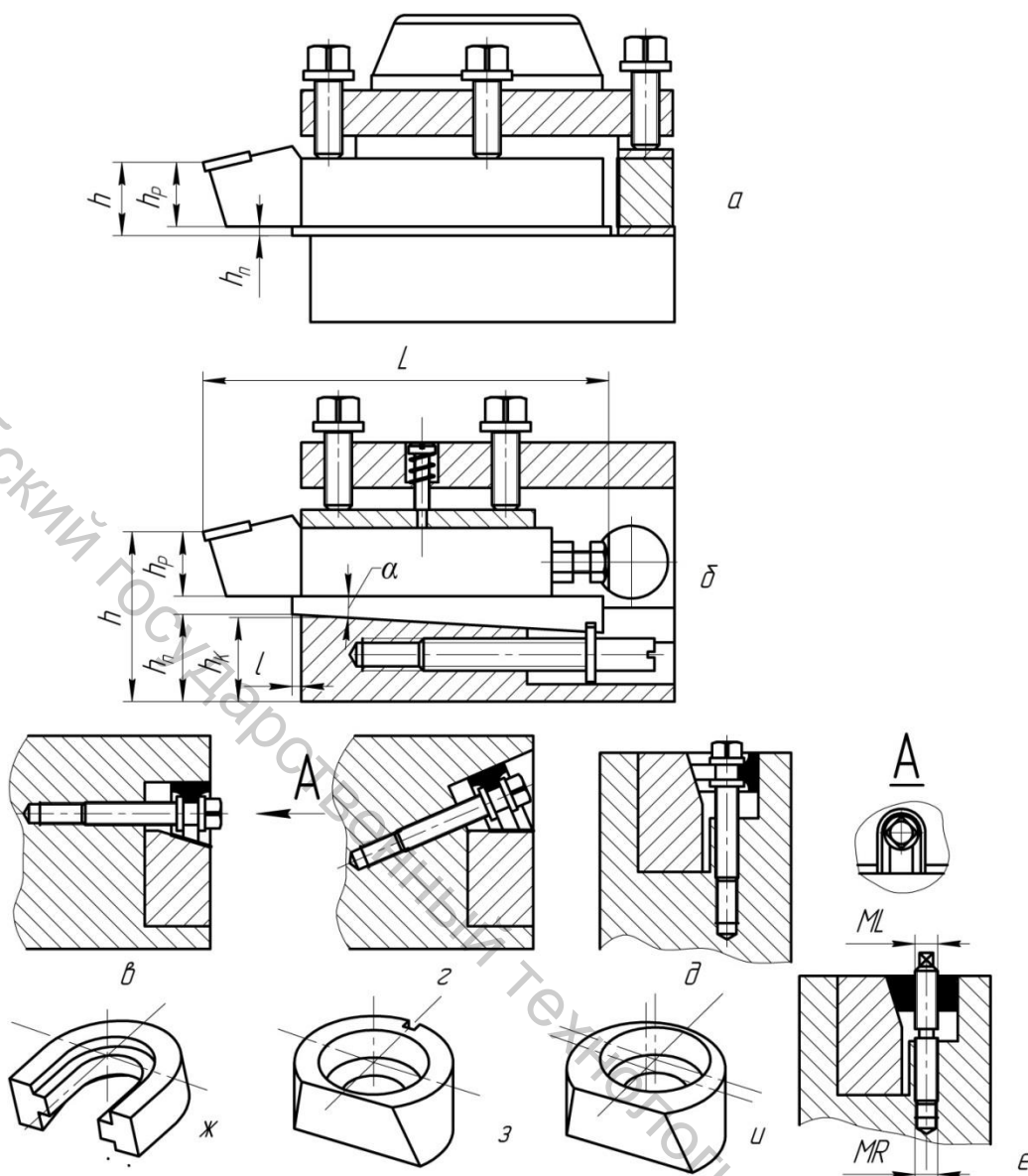


Рисунок 3.4 – Способы крепления призматических корпусов резцов:  
 а, б – винтовое; в, г, д, е – клиновое; ж, з, и – конструкции клиньев;  
 е – клиновое крепление дифференциальным винтом

«Подковообразный» клин (рисунок 3.4ж) более трудоемок в изготовлении, хотя и технологичен в сборке с двухбуртиковым винтом, а также не требует дополнительных мер для фиксации от проворота. Более простые конструкции клиньев под винт с верхним буртом и нижней стопорной шайбой имеют цилиндрический корпус и требуют фиксации от проворота, которая обеспечивается либо выполнением шпоночного паза (рисунок 3.4з) и штифта в отверстии под клин резцедержателя, либо смещением крепежного отверстия под винт (эксцентричный клин, рисунок 3.4и).

Винты крепления со стопорной шайбой отличаются не очень высокой надежностью (быстрый износ кольцевой канавки и самой шайбы, «раскрытие» разрезной стопорной шайбы), поэтому в некоторых конструкциях инструментальных приспособлений применяют дифференциальные винты с разнонаправ-

ленными резьбами, как это показано на рисунке 3.4e. В такой конструкции клинового крепления более высокие требования предъявляются к точности (соосности) резьбовых и цилиндрических поверхностей как самого клина, так и корпуса резцедержателя.

Важным аспектом при выборе инструментальных приспособлений является обеспечение точности настройки инструментов по пространственному положению режущей кромки (или кромок). Для резцов с призматическими базовыми поверхностями размерами настройки являются вылет, высота и продольное положение кромки или вершины резца.

Вылет резца, определяющий диаметр обрабатываемой поверхности при работе на предварительно настроенном оборудовании, настраивается в простейшем случае по эталонной детали или шаблону. В станках-полуавтоматах (в том числе с ЧПУ) эффективно использование инструментов, настраиваемых предварительно вне станка в специальных приборах. Для этой цели инструменты с призматическим корпусом оснащаются регулировочными элементами, в частности, микрометрическими упорными винтами (рисунок 3.3 1z; рисунок 3.4б). С помощью винта обеспечивается настройка резца на линейный размер  $l$  и смена инструмента без подналадки станка. Крепление корпуса резца не должно изменять положения, достигнутого при базировании инструмента, то есть предпочтительно применение клиньев или винтов с промежуточной распределяющей пластиной.

Положение режущей кромки по высоте регулируется в тех случаях, когда используются резцы с меньшей, чем по паспорту станка, высотой  $h_p$ , а также с цельной или напайной режущими частями после их переточек. В станках с ручным управлением чаще всего используется простейший способ регулировки – с помощью компенсирующих прокладок  $h_n$  (рисунок 3.4a). Для автоматизированного оборудования применяются резцедержатели или переходные резцовые блоки с клиновым регулировочным механизмом (рисунок 3.4б).

Высотный размер режущей кромки определяется размерной цепочкой

$$h = h_k + h_n + h_p + l \operatorname{tg} \alpha,$$

где  $h_k$  – высота корпуса резцедержателя;

$h_n$  – минимальная высота клиновой пластины;

$h_p$  – высота резца;

$l$  – регулируемый вылет клиновой пластины;

$\alpha$  – угол клина.

Перемещением клиновой пластины с помощью микрометрического винта обеспечивается высокоточная настройка инструмента по высоте. Такая настройка особенно важна для отрезных резцов, так как по мере приближения к оси отрезаемой заготовки изменение кинематических углов резания существенно зависит от погрешности высотного положения кромки.

Точность положения режущей кромки инструмента в координатной системе станка при работе на предварительно настроенном автоматизированном оборудовании может обеспечиваться методами:

- с подналадочной смены резца с его предварительной настройкой вне станка за счет микрометрических винтов в его корпусе;
- бесподналадочной смены резца с инструментальным (резцовым) блоком, имеющим соответствующие регулировочные элементы;
- коррекции траектории движения инструмента в станках с ЧПУ.

При токарных работах на станках с ручным управлением точность диаметральных и линейных размеров обрабатываемых поверхностей обеспечивается методами:

- настройки по лимбам (отсчетным устройствам, цифровым индикаторам) в пределах периода стойкости инструмента;
- пробных проходов при ориентировочной установке инструмента по вылету и осевому положению после его смены.

### 3.2.2 Расточные резцы и резцовые вставки

Расточные резцы, как правило, имеют комбинированные базы с возможностью установки как по схеме для призматических резцов, так и по схеме осевых инструментов (с осевым центрированием). В первом случае осуществляется винтовое или клиновое крепление со схемой базирования *2а*, а во втором - переходные блоки с отверстием для базирования по схеме *2 б* (рисунок 3.3).

Резцовые вставки являются разновидностью призматических резцов с относительно небольшими габаритами сечения (16x16, 20x20, 25x25 мм) и малой длиной (40...80 мм). Используются в основном в токарных одно- и многошпиндельных автоматах и полуавтоматах для различных токарных работ с установкой в резцовые одно- и многоинструментальные блоки, а также для расточных операций (переходов) с применением расточных борштанг. Основная особенность резцовых вставок – наличие на корпусе *2* (рисунок 3.5) фаски под углом  $45^\circ$ , противолежащей базовым поверхностям, и овального отверстия для крепления вставки одним винтом *1* «в угол». Как правило, вставки оснащаются микрометрическим упорным винтом *5* для настройки на линейный размер и бесподналадочной смены. Соответственно резцовый блок или расточная борштанга *3* оснащаются упорным элементом (пластиной) *4*.

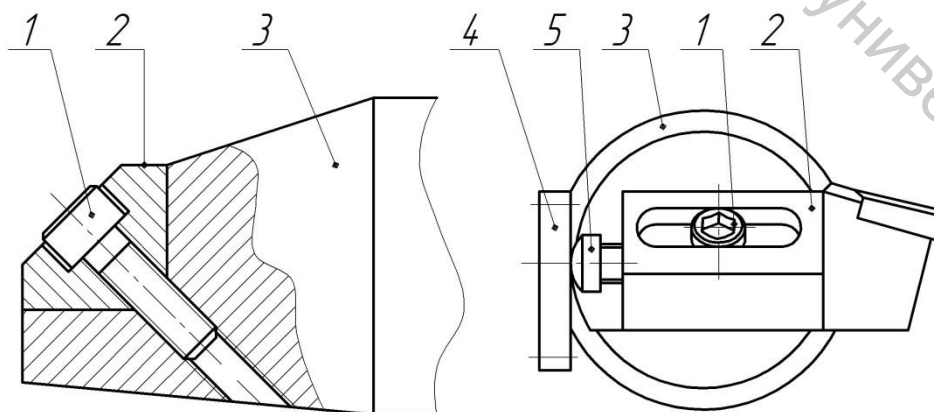


Рисунок 3.5 – Резцовая вставка с расточной борштангой

### 3.2.3 Инструменты с осесимметричными корпусами (хвостовиками)

Осесимметричные корпуса (хвостовики) имеют вращающиеся, в том числе мерные инструменты (у которых размер обрабатываемой поверхности конструктивно определен размером самого инструмента – сверла, зенкеры, развертки, метчики и т.п.). Все хвостовики выполняются цилиндрическими или коническими (конуса Морзе). Основная отличительная особенность конуса Морзе – свойство самоторможения, так как угол конуса составляет около  $4,8^\circ$  (конусность 1:12). Это свойство используется для передачи момента резания при обработке концевыми фрезами (рисунок 3.3, схема 7). Фрезы закрепляются в шпинделе напрямую или через переходную втулку с затягиванием резьбовой тягой (шомполом).

На инструменты типа сверл с цилиндрическим хвостовиком крутящий момент также передается за счет трения между корпусом и элементами зажима инструментального приспособления – цангового или кулачкового патрона.

В некоторых хвостовиках для передачи крутящего момента (момента резания) предусмотрены специальные конструктивные базовые элементы (рисунок 3.3):

- торцовая шпонка («лапка») на конусе Морзе (схема 6);
- лыска (схема 3);
- квадрат на цилиндрической базовой поверхности (схема 5).

Все инструменты с такими базовыми поверхностями работают только с осевой подачей.

## 3.3 Базы инструментальных рабочих органов металлорежущих станков

### 3.3.1 Токарные станки

Классификация основных баз рабочих органов металлорежущих станков представлена на рисунке 3.6. Эта схема классификации аналогична по структуре схеме классификации рабочих органов для заготовок, приведенной на рисунке 2.2. Исключение составляет буквенная нумерация схем конструкций. Таким образом, любой металлорежущий станок можно условно обозначить буквенно-цифровым кодом конструктивного решения базовых поверхностей его рабочих органов. Например, токарный станок мод. 16К20 имеет код 1AG, то есть один рабочий орган для установки заготовки – шпиндель с базами по схеме 01 (рисунок 2.2) и два рабочих органа для установки инструмента – резцедержатель с базами по схеме А (рисунок 3.6) и заднюю бабку, пиноль которой имеет базы по схеме G. Коды вертикально-сверлильных станков – 14G или 14K; круглошлифовального – 10P и т.д.

В станках токарной группы может быть несколько базовых поверхностей для установки инструментов. Например, в токарно-винторезном станке мод. 16К20 используется типовой четырехпозиционный резцедержатель с верти-

кальной осью поворота, имеющий по контуру замкнутый паз (базы по схеме «А» рисунок 3.6) и систему крепежных винтов, а также задняя бабка, в пиноль которой (базы по схеме «О») также могут устанавливаться осевые инструменты – сверла, зенкеры, развертки, метчики и т.д.

В базовые пазы резцедержателя инструменты с призматическими корпусами могут устанавливаться как радиально (проходные, подрезные, отрезные и т. п. резцы), так и параллельно оси шпинделя (расточные резцы).

При проектировании технологических наладок на операции, выполняемые на универсальных токарно-винторезных станках с ручным управлением, следует учитывать, что в типовой резцедержатель можно закрепить до четырех однотипно устанавливаемых резцов (поперечно или продольно), в то время как разнотипно устанавливаемых не более трех, так как зоны их установки перекрываются.

Кроме учета пересечения зон установки резцов требуется размерная или графическая проверка отсутствия «интерференции» инструментов (особенно расточных) в процессе обработки с элементами станочной системы, например, с патроном или его кулачками, с задней бабкой, ее пинолью или установленным в ней вращающимся центром и т.д. Также как в универсальных токарно-винторезных станках, то есть напрямую без дополнительных элементов технологической оснастки, призматические резцы могут быть установлены в некоторых токарно-карусельных, токарно-револьверных станках и в полуавтоматах с ЧПУ, имеющих револьверные головки с соответствующими призматическими пазами (базы по схеме «В» рис. 23), то есть только в случае совпадения формы базовых поверхностей инструмента и рабочего органа станка.

В большинстве токарно-револьверных станков (с ручным управлением) имеются также два рабочих органа для инструмента – продольный и поперечный суппорты. Поперечный суппорт, как следует из его названия, предназначен для отрезных резцов или других инструментов, работающих с поперечной подачей (канавочных, фасонных резцов). Большинство поперечных суппортов конструктивно выполнены по схеме «F» с T-образными пазами и оснащаются специальным неповоротным резцедержателем с призматическим пазом под резцы. У некоторых моделей токарно-револьверных станков поперечные суппорты оснащены поворотным резцедержателем (схема «А» рисунок 3.6).

Продольный же суппорт оснащен 6-, 8- или 12-позиционной револьверной головкой с горизонтальной или вертикальной осью поворота и цилиндрическими базовыми поверхностями (схема «С», рисунок 3.6).

Для установки резцов в этом случае требуется переходный блок, имеющий с одной стороны призматические базы под цилиндрические базы (хвостовик) соответствующего диаметра с лыской для крепления винтами в револьверной головке.

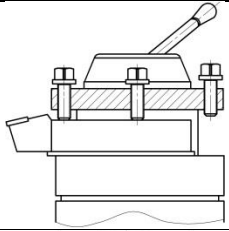
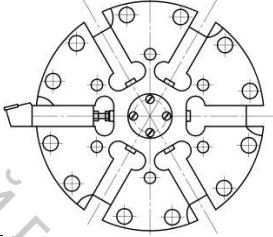
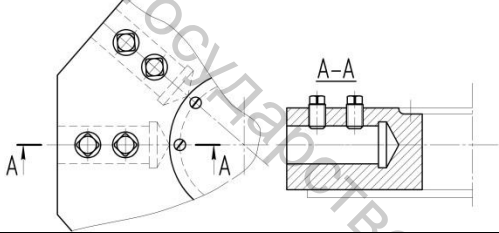
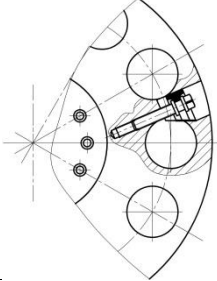
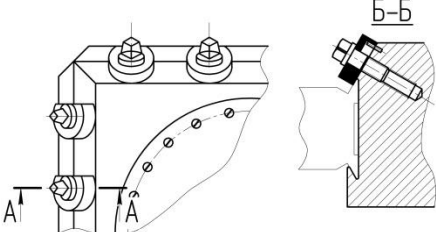
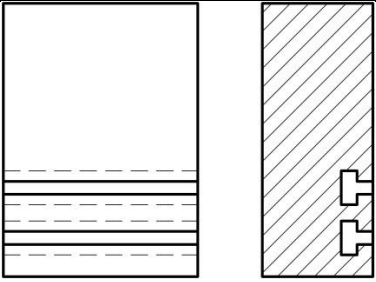
Схема	Номер схемы	Базы, количество базовых точек	Элементы крепления
	А	ТЗ+Т2+Ф1	В
	В	ТЗ+Т2+Т1 (Ф1)	К
	С	О4+Т1+Т1	В
	Д	О4+Т1+Т1 (Рифления)	К
	Е	ТЗ+Т2+Т1 (Ласточкин хвост)	В
	Ф	ТЗ+Ш2+Ф1 Т – торец (плос- кость); О – отверстие; Ш – шпоночный паз; Ф – трение; цифра – количе- ство базовых то- чек	Б/В Б - болты; В - винты

Рисунок 3.6 – Классификация по виду базовых поверхностей конструкций рабочих органов станков для установки инструментов

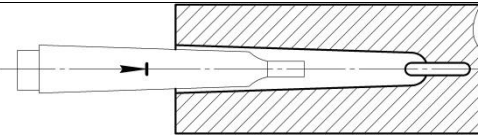
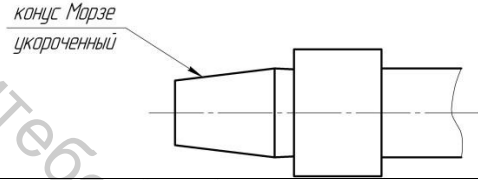
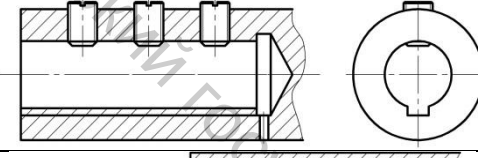
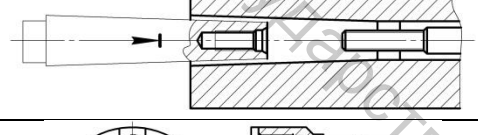
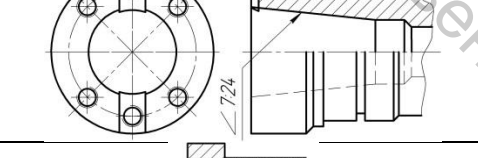
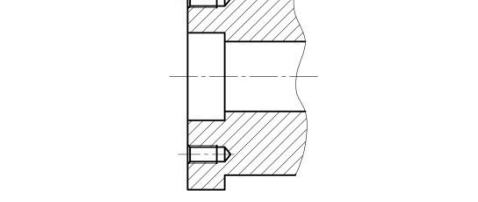
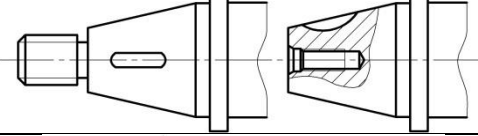
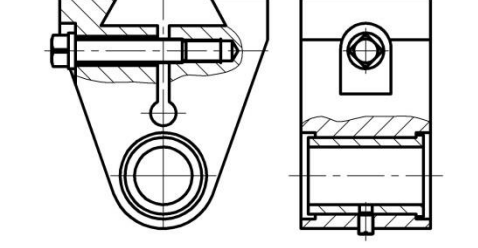
Схема	Номер схемы	Базы, количество базовых точек	Элементы крепления
	G	K5+Ш1 (Лапка)	Ф
	H	K5+Ф1	Ф
	K	O4+T1+T1	В
	L	K5+Ф1	В (Тяга - шомпол)
	M	K5+Ш1 (Торцовая шпонка)	В (Тяга-шомпол)
	N	T3-O2+ЭК1	В
	P	K5+Ш1	Б/К
	R	O2* *Используется при двухопорном крепле- нии оправок с инс- трументом Т – торец (плоскость); О - отверстие; Ш – шпоночный паз; Ф – трение; К – конус; цифра – количество ба- зовых точек	Б – болты; В – винты; Ф – трение;

Рисунок 3.6 – Классификация по виду базовых поверхностей конструкций рабочих органов станков для установки инструментов (окончание)

При этом цилиндрические базы не обеспечивают возможности регулировки положения режущих кромок инструмента относительно координатной системы станка (кроме продольного), поэтому такие возможности должны предусматриваться конструкцией вспомогательных баз под инструмент самого блока, например, аналогично схеме (рисунок 3.4б).

Многие современные токарные станки с ЧПУ имеют револьверные головки с горизонтальной осью поворота, цилиндрическими базовыми поверхностями по схеме «D» рисунка 3.6 и с механизмом крепления (ручным или автоматическим) рифленным клином. Рифления обеспечивают достаточно точную фиксацию переходного инструментального блока вдоль оси цилиндрической базы (то есть выполняют роль осевого упора). Конструкция сопрягаемого инструментального блока должна иметь цилиндрический хвостовик требуемого диаметра с рифленой лыской.

Другой разновидностью револьверных головок токарных станков с ЧПУ является четырехпозиционная конструкция с вертикальной осью поворота и базами типа открытый «ласточкин хвост» по схеме «G» рисунка 3.6. Под данные револьверные головки разработана гамма соответствующих инструментальных блоков, крепление которых производится винтами через поворотные шайбы с лысками. Шайбы поворачиваются на фиксированный угол  $90^\circ$  за счет байонетного внутреннего паза и ограничивающего штифта в корпусе револьверной головки. При раскреплении шайбы поворачиваются против часовой стрелки до упора, лыски становятся параллельно верхней грани блока и позволяют беспрепятственно его снять. Для закрепления установленного блока достаточно повернуть шайбу до упора по часовой стрелке (лыска при этом занимает вертикальное положение) и затянуть винт.

Сверлильные станки в основном имеют инструментальные шпиндели с базовыми поверхностями в виде конуса Морзе по ГОСТ 25557–82 под хвостовик с лапкой (схема «G» рисунок 3.6). Размер (номер) конуса зависит от габарита станка. В шпинделе (в верхней части внутреннего конуса Морзе) имеется овальное поперечное сквозное отверстие, стенки которого выполняют роль шпоночного (торцового) паза для «лапки» хвостовика сверла. Лапка передает крутящий момент в начале врезания сверла в первую обрабатываемую заготовку (до возникновения осевого усилия резания и расклинивающего усилия в конической части хвостовика, достаточного для создания момента трения, превышающего момент резания). Учитывая эту конструктивную особенность сверлильных конусов Морзе с лапками, можно на практике установить качество базовых поверхностей сверла и шпинделя. Если у некоторых сверл (эпизодически) наблюдаются заметные следы смятия (скручивания) лапки, то это может свидетельствовать о некачественном конусе хвостовика сверла. Если это же явление проявляется постоянно, то некачественным является конус шпинделя станка (погрешность изготовления или износ).

### 3.3.2 Сверлильные станки

Верхнее овальное поперечное отверстие во внутреннем конусе Морзе имеет значительно большую длину, чем сопрягаемая с ним лапка. Это предусмотрено для вхождения между стенкой отверстия и торцом лапки плоского клина для выпрессовки инструмента.

Как показано на рисунке 3.7, при сверлении на инструмент в осевом направлении действуют составляющая силы резания  $P_x$  и сила тяжести  $mg$ , а на хвостовик – результирующая сила  $F = P_x - mg$ . Конус Морзе – это клин с конусностью приблизительно 1:20 (с углом при вершине  $2\alpha \approx 2^\circ 50'$  [1]).

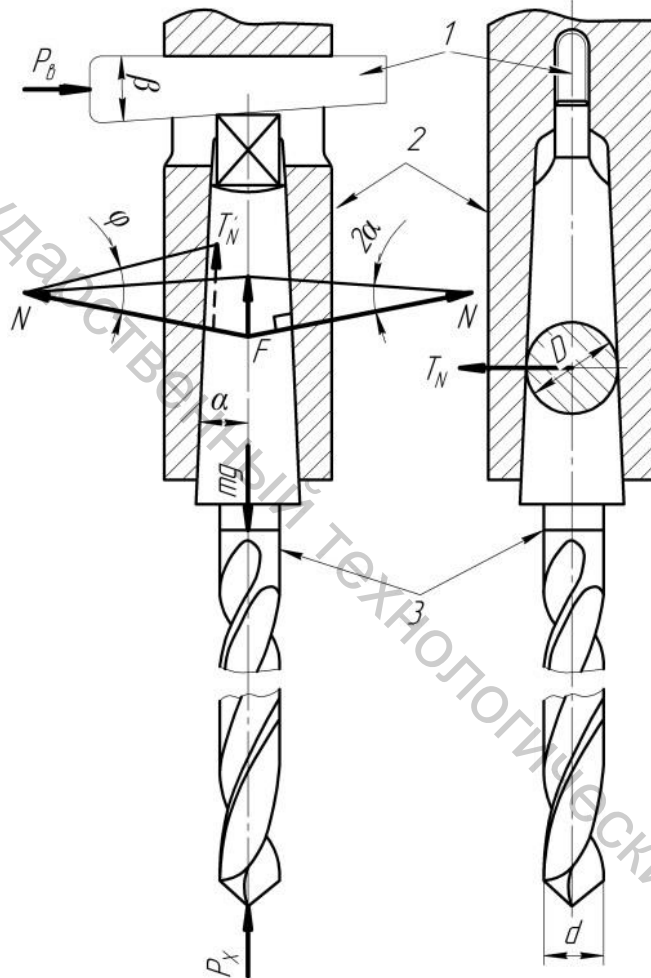


Рисунок 3.7 – Схема расчета условия передачи крутящего момента резания силами трения по конусу Морзе: 1 – клин для выпрессовки сверла; 2 – шпиндель; 3 – сверло;  $\varphi$  – угол трения

Нормальная сила давления  $N$  между хвостовиком и базовой поверхностью шпинделя составляет (с учетом, что при малых значениях углов  $2\sin\alpha \approx 2\operatorname{tg}\alpha \approx 2\alpha \approx 1/20$ )

$$N = \frac{F}{2\sin\alpha} = \frac{P_x - mg}{2\sin\alpha} = 20 \cdot (P_x - mg),$$

то есть цифра конусности соответствует коэффициенту усиления клина. Сила трения  $T_N = Nf$ ,  $f = \operatorname{tg}\varphi = 0,15 \dots 0,18$  – коэффициент трения стали по стали, то есть  $T_N = 3(P_X - mg)$ , а момент трения  $M_{\text{тр}} = T_N D$ . В соответствии с источником [2] соотношение между осевой составляющей силы резания  $P_X$  и моментом резания  $M$  при сверлении спиральным сверлом диаметром  $d$ :  $\frac{M}{P_X} = \frac{C_M}{C_P} d = (0,3 \dots 0,4)d$ , то есть  $M = (0,3 \dots 0,4) \cdot d \cdot P_X$ .

Условие обеспечения передачи крутящего момента за счет силы трения в конусе Морзе  $M_{\text{тр}} \geq M$ :

$$3 \cdot D \cdot (P_X - mg) \geq (0,3 \dots 0,4) \cdot d \cdot P_X.$$

Если пренебречь влиянием силы тяжести  $mg$ , то получим  $D \geq (0,1 \dots 0,13)d$ . Это условие выполняется всегда, так как по стандарту на сверла с коническим хвостовиком  $D \geq d$ .

В тяжелых и некоторых средних сверлильных станках, например радиально-сверлильных, шпиндель имеет модифицированные базы в виде конуса Морзе с двумя поперечными овальными отверстиями – верхним и нижним (рисунок 3.8).

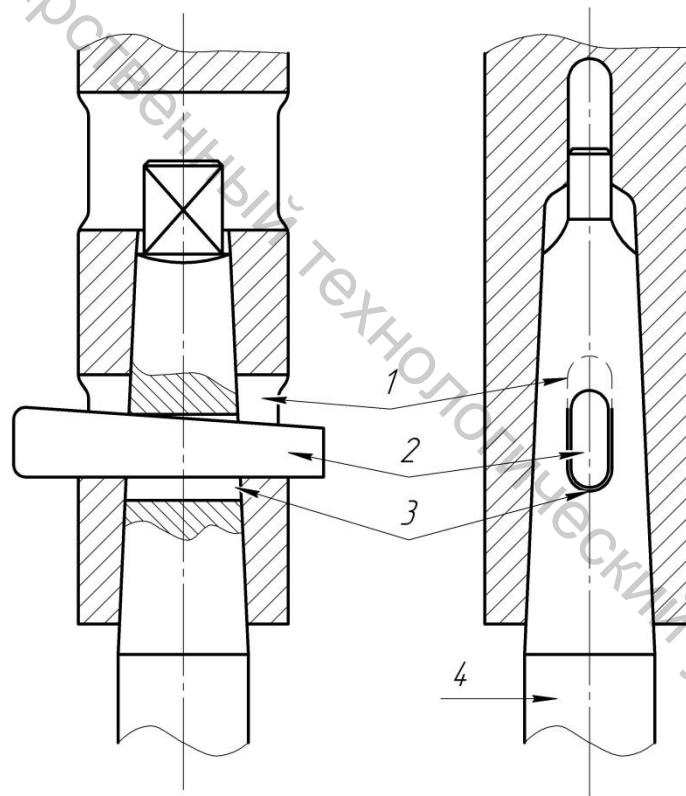


Рисунок 3.8 – Шпиндель тяжелого радиально-сверлильного станка с клиновым креплением инструментальных оправок: 1 – нижнее овальное отверстие шпинделя, 2 – клин крепления оправки, 3 – овальное отверстие оправки, 4 – оправка инструментальная

Нижнее овальное отверстие предназначено для установки клина крепления различных патронов, оправок или втулок с инструментами, имеющих значительную суммарную массу. Клиновое крепление предотвращает самопроиз-

вольное выпадение тяжелой инструментальной оснастки под действием вибраций, особенно после ее начальной установки.

Малогобаритные (настольные) сверлильные станки типа мод. 2А106 могут иметь шпиндель с наружным самотормозящимся укороченным конусом Морзе по ГОСТ 9953–82 (базы по схеме «Н») для установки стандартного кулачкового сверлильного патрона ГОСТ 8522–79, ГОСТ 15935–79, как это показано на рисунке 3.9. Аналогично устанавливается сверлильный патрон на некоторых электродрелях. Для установки описанного сверлильного патрона в шпиндель вертикально-сверлильного станка с нормальным конусом Морзе используется переходный хвостовик.

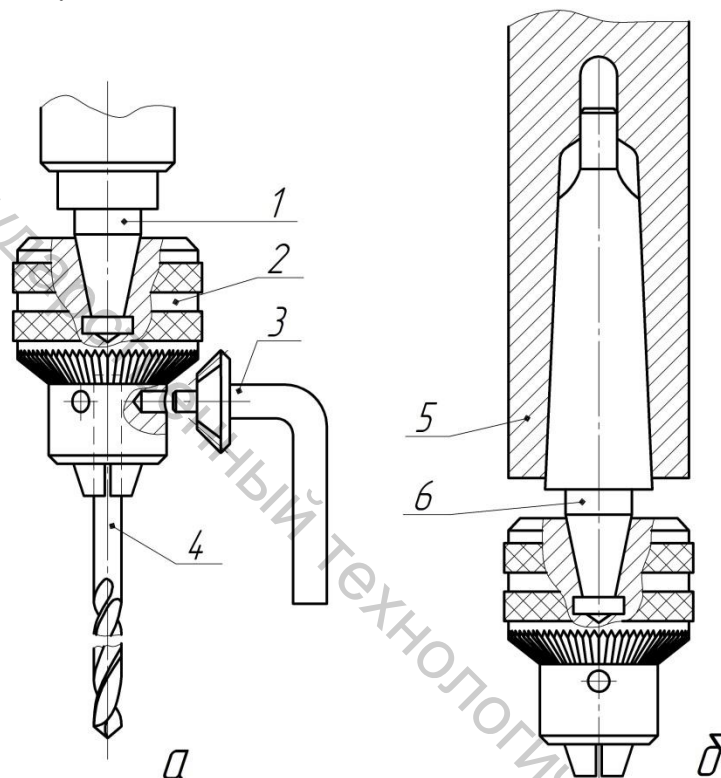


Рисунок 3.9 – Схема установки стандартного сверлильного патрона на шпинделе настольно-сверлильного (а) и в шпинделе вертикально-сверлильного (б) станков: 1, 5 – шпиндели; 2 – патрон; 3 – ключ привода зажима; 4 – сверло; 6 – переходный хвостовик

По специальному заказу универсальные сверлильные станки могут поставляться со шпинделем, имеющим базы по ГОСТ 13876–87 (тип «К» рисунок 3.6), которые широко используются в сверлильных силовых головках агрегатных станков-полуавтоматов. В агрегатных станках с многоинструментальными наладками такая схема базирования – по цилиндрическому отверстию, торцу и шпонке – оправдана, так как позволяет повысить производительность труда в крупносерийном и массовом производствах за счет использования регулируемых (бесподналадочных) инструментальных оправок и втулок с микрометрическими гайками для настройки вылета инструмента вне станка на специальных приборах или приспособлениях.

Базированию по цилиндрической поверхности присущ недостаток – наличие зазора в пределах посадки «база-оправка». В агрегатных станках этот недостаток устранен за счет направления инструмента с помощью кондукторных втулок (плит). В универсальных сверлильных станках точность обработки зависит от точности изготовления баз в шпинделе и сопрягаемых с ними инструментальных оправках, так как в мелкосерийном и единичном производствах превалирует способ обработки по разметке.

Преимущество базирования по схеме «К» (шпинделей по ГОСТ 13876–87) может быть эффективно использовано и в мелкосерийном производстве при выполнении на одном универсальном станке с ручным управлением нескольких разнообразных переходов с помощью предварительно подготовленных и настроенных комплектов оправка – инструмент. В этом случае целесообразно использование шариковых «быстрых» зажимов (рисунок 3.10).

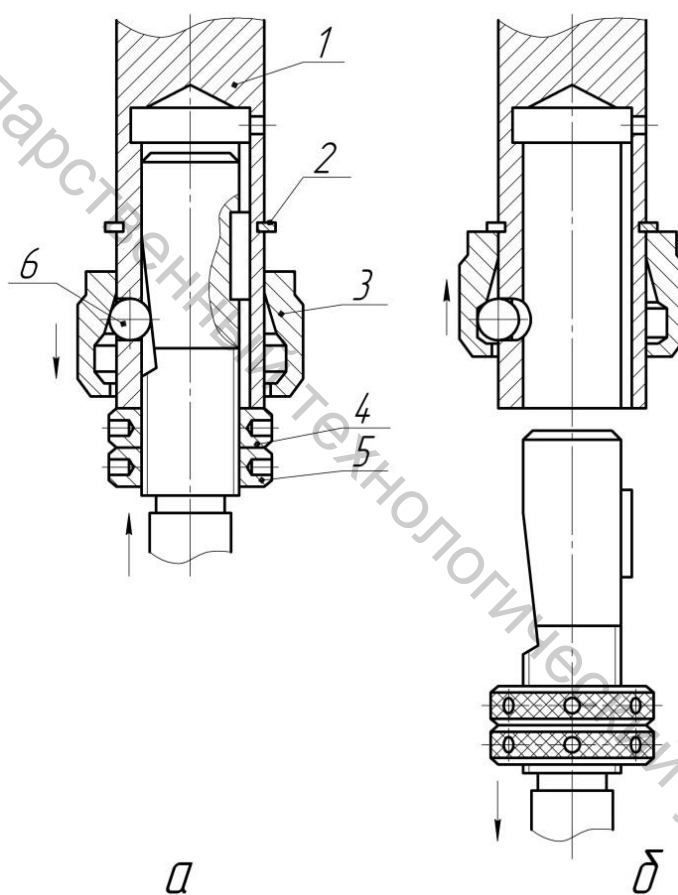


Рисунок 3.10 – Специальный шпиндель вертикального сверлильного станка с «быстрым» шариковым зажимом регулируемой оправки в положении «закреплено» (а) и «откреплено» (б): 1 – шпиндель (базы типа К); 2 – кольцо стопорное; 3 – втулка зажимная; 4 – регулировочная гайка оправки; 5 – оправка регулируемая; 6 – шарик-плунжер

Съем оправки производится после подъема зажимной втулки 3 до упора в стопорное кольцо 2 и выкатывания шарика-плунжера 6 в «карман» втулки. После установки новой оправки с инструментом зажимная втулки 3 опускается и

своим коническим участком под действием силы тяжести зажимает шарикоплунжером 6 оправку за специальную клиновую лыску (что предотвращает самопроизвольное выдвижение оправки из шпинделя). В станках горизонтальной компоновки зажимная втулки 3 выполняется подпружиненной.

Однако ГОСТ 13876–87 регламентирует конструкции шпинделей только с винтовым креплением цилиндрических хвостовиков регулируемых втулок оправок. При наличии в производстве сверлильных станков с такими шпинделями можно рекомендовать несложную модернизацию их под схему «быстрого зажима». На рисунке 3.11 показан разрез модернизированного шпинделя.

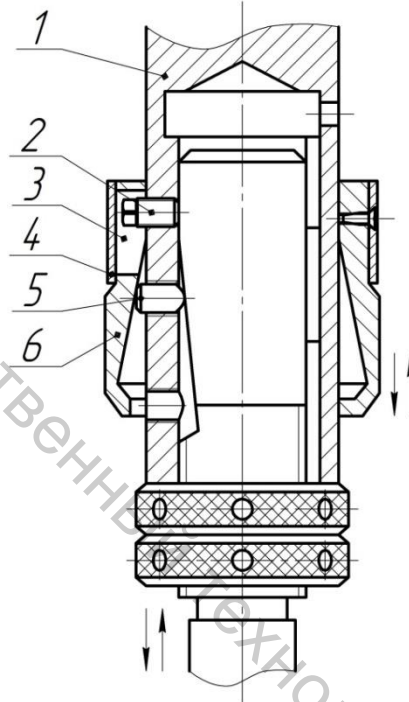


Рисунок 3.11 – Шпиндель сверлильного станка с базами по ГОСТ 13876–87, модернизированный под схему «быстрого зажима»: 1 – шпиндель; 2 – стопорный винт; 3 – паз; 4 – кожух; 5 – плунжер; 6 – втулка зажимная

Зажимная втулка 6 имеет конструкцию, аналогичную показанной на рисунке 3.10, но отличающуюся продольным сквозным пазом 3. Ограничителем хода втулки является стопорный винт 2, ввинчиваемый через паз (ширина паза равна диаметру винта). В стандартном шпинделе невозможно использовать в качестве плунжера шарик без сверления в шпинделе дополнительного отверстия, поэтому этот зажимной элемент выполняется в виде овального стержня с незначительным утолщением со стороны втулки, предотвращающим его выпадение внутрь шпинделя. Для установки плунжера среднее резьбовое отверстие шпинделя обрабатывается разверткой ( $\varnothing 9,2$  мм для базы шпинделя 28 мм и  $\varnothing 10,8$  мм для баз 36 и 48 мм). К плунжеру предъявляются высокие требования по механическим свойствам (твердость 55...60 HRC), поэтому он изготавливается из высококачественной инструментальной стали (30XГСА, 9ХС, 35ХЗНМ и т.п.).

Сборка такого патрона должна производиться в следующей последовательности: кожух и втулка устанавливаются на шпindel и поднимаются выше среднего отверстия, в которое вставляется плунжер 5, после чего втулка опускается (для прохода головки плунжера в нижней части втулки выполнен паз). Стопорный винт 2 через паз 3 втулки ввинчивается в верхнее резьбовое отверстие шпинделя, кожух надевается на втулку и закрепляется винтом.

### 3.3.3 Расточные станки

В данной группе станков наиболее существенно различаются базы вертикальных координатно-расточных и горизонтальных алмазнорасточных станков.

В координатно-расточных вертикальных станках шпиндели различаются в зависимости от габарита: в легких и средних станках – базы по схеме «L», в тяжелых – по схеме «M» (рисунок 3.6).

В горизонтальных алмазно-расточных станках шпиндели имеют специфические базы по схеме «N» для крепления стандартных или специальных борштанг. Основная база – торец шпинделя достаточно большого диаметра. Для центрирования борштанги предназначено точное отверстие в шпинделе, а передача крутящего момента осуществляется элементами крепления – винтами. Борштанга алмазно-расточного горизонтального станка, например, с резцовой вставкой показана на рисунке 3.12 (см. также рисунок 3.5).

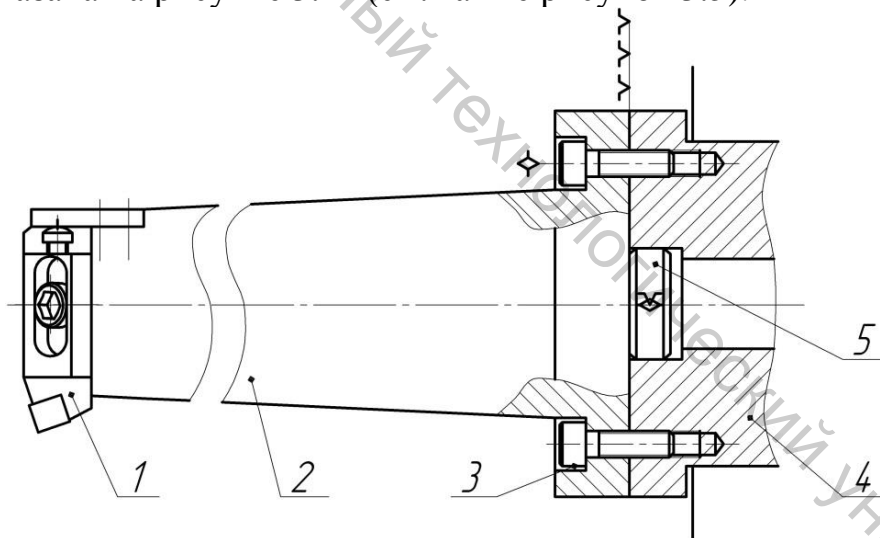


Рисунок 3.12 – Крепление борштанги с резцовой вставкой в шпинделе горизонтального алмазно-расточного станка: 1 – резцовая вставка; 2 – борштанга; 3 – винты крепления; 4 – шпindel расточной бабки; 5 – центрирующий пояс борштанги

### 3.3.4 Фрезерные станки

Основной схемой базирования инструментов у большинства фрезерных станков является стандартная схема «M» (рисунок 3.6). Фрезерный конус с конусностью 7:24 является одновременно двойной направляющей и опорной ба-

зой (5 базовых точек). Для передачи крутящего момента резания, который при фрезеровании может достигать достаточно больших значений, предназначены две торцовые шпонки, закрепляемые винтами в соответствующих шпоночных пазах.

Так как фрезерный конус в отличие от конуса Морзе не является самотормозящимся, инструмент с оправкой (или системой оправок) закрепляется к шпинделю одним из трех способов:

- длинной тягой-шомполом к противоположному торцу шпинделя;
- специальным автоматическим цанговым, рычажным или шариковым механизмом с силовым приводом в виде набора мощных тарельчатых пружин внутри самого шпинделя (в станках с ЧПУ);
- винтами к переднему торцу шпинделя в тяжелых горизонтально- и вертикально-фрезерных станках.

При проектировании схем технологических наладок нужно иметь в виду, что фрезерные инструменты, работающие с подачами, перпендикулярными оси шпинделя, должны обязательно жестко крепиться к шпинделю (либо непосредственно, либо по системе инструмент к оправке, оправка к шпинделю).

При обработке заготовок на фрезерных станках осевыми (с подачами вдоль оси) инструментами, имеющими конус Морзе с лапкой, их установка в оправке производится без дополнительного осевого крепления, только за счет эффекта самоторможения по конусу Морзе. Но сама оправка или система оправок обязательно крепится к шпинделю (напомним, что конус 7:24 не является самотормозящимся).

Инструментальная оснастка фрезерных станков благодаря стандартизации баз в шпинделях хорошо унифицирована и серийно выпускается по государственным и отраслевым стандартам, техническим условиям (ТУ) предприятий станкоинструментальной промышленности.

При выполнении операций на горизонтально-фрезерных станках часто используются цилиндрические и дисковые фрезы, имеющие базы в виде отверстия со шпоночным пазом. Такие фрезы при одноинструментальной или многоинструментальной обработке закрепляются на достаточно длинных оправках (ГОСТ 15067–75...ГОСТ 15070–75) с их двухопорным креплением на станке. Первая опора - база шпинделя по схеме «L» или «M» (рисунок 3.6). В качестве второй опоры используется серьга (подвеска), устанавливаемая на выдвижном хоботе (ползуне) станка и имеющая сплошную или разрезную втулку (схема «R» рисунок 3.6), по которой базируется цилиндрический участок оправки. Втулка является подшипником скольжения, поэтому она фиксируется винтом от проворота в корпусе серьги. Разрезная втулка применяется в станках повышенного (П) и высокого (В) классов точности. Она позволяет регулировать (минимизировать) значение зазора в соединении с оправками, что повышает точность обработки.

Оправки для горизонтально-фрезерных станков имеют четыре конструктивных исполнения как комбинацию двух типов баз под установку в шпинделе

(конусы Морзе и фрезерные конусы 7:24) и двух типов баз для установки по втулке серьги: с цилиндрической цапфой и поддерживающей втулкой.

На рисунке 3.13 показаны отличительные особенности этих конструктивных исполнений оправок, а также способы их крепления к шпинделю станка тягой-шомполом (а) и винтами (б).

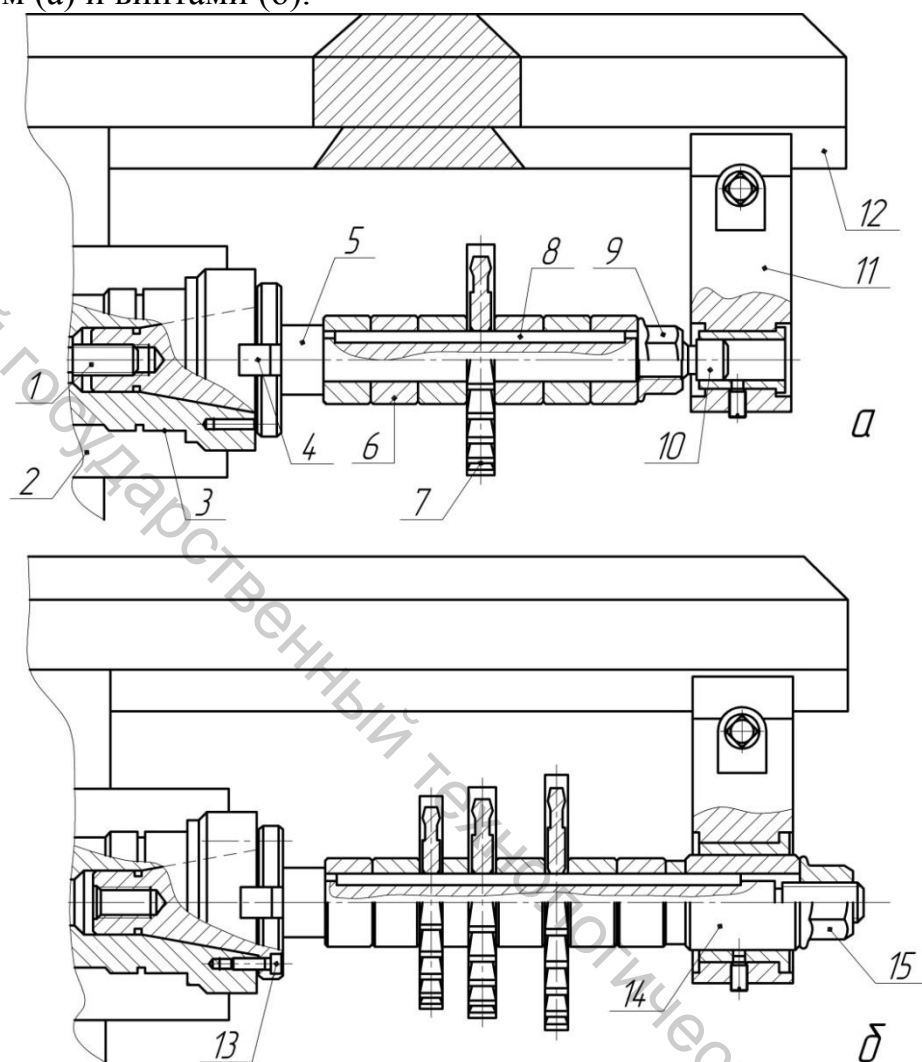


Рисунок 3.13 – Оправки двухопорного крепления с цилиндрической цапфой (а) и поддерживающей втулкой (б) к горизонтально-фрезерным станкам:

- 1, 13 – резьбовая тяга-шомпол и винт крепления оправки к шпинделю;  
 2 – пиноль шпинделя; 3 – шпиндель; 4 – торцовые шпонки; 5 – оправка;  
 6 – втулки; 7 – фреза дисковая; 8 – осевая шпонка; 9, 15 – гайки крепления фрез;  
 10 – цапфа оправки; 11 – серьга-подвеска; 12 – хобот-ползун станка;  
 14 – поддерживающая втулка

Хобот-ползун 12 станка – это жесткая консольная балка с регулируемым вылетом в верхней части шпиндельной бабки горизонтально-фрезерного станка. Направляющие типа «ласточкин хвост» (поперечное сечение на рисунке 3.13а) используются для наладочных перемещений хобота-ползуна в ответных направляющих шпиндельной бабки, а также серьги-подвески 11 относительно

самого хобота. После регулировки вылета, определяемого длиной оправки, хобот и серьга закрепляются.

### 3.3.5 Шлифовальные станки

Шлифовальные станки имеют инструментальные рабочие органы – шлифовальные шпиндели – с базами по схемам «Р» и «L» рисунка 3.6. Базы в виде внутреннего конуса Морзе (схема «L») применяются в заточных станках инструментального производства.

В плоскошлифовальных, круглошлифовальных, а также универсальных круглошлифовальных (для круглого и внутреннего шлифования) станках базы инструментальных шпинделей изготавливаются в виде наружного укороченного конуса (схема «Р» рисунок 3.6) под фланцы переходные со шлифовальными кругами. На рисунке 3.14 показана одна из конструкций, состоящая из неподвижного 9 и подвижного 4 фланцев, между которыми винтами 1 закрепляется шлифовальный круг 8 через эластичные прокладки 7 из технического картона (для предотвращения осыпания круга в местах зажима). В неподвижном фланце 9 выполнены точное коническое отверстие под базу шлифовального шпинделя 11 или 13 и шпоночный паз под шпонку 10, передающую крутящий момент со шпинделя. Крепление переходных фланцев в зависимости от конструктивного исполнения шлифовального шпинделя осуществляется винтом 2 или гайкой 12 соответственно по внутренней или наружной левой резьбе в шпинделе.

Технология изготовления шлифовальных кругов не обеспечивает абсолютно равномерную плотность материала во всем его объеме, и по этой причине его центр масс может не находиться на оси вращения, что вызывает дисбаланс круга. Кроме того, дисбаланс может увеличиться из-за посадки круга на цилиндрическую базу переходных фланцев с неравномерным зазором. Дисбаланс вызывает вибрацию в технологической системе, мощность воздействия которой зависит от частоты вращения шлифовального круга (значительной при скоростях резания от 25 до 120 м/с), его массы вместе с фланцами и эксцентриситета центра масс  $E$  (рисунок 3.15). Вибрация в любом случае снижает качество обработанной поверхности и вызывает интенсивный износ шпиндельного узла оборудования.

Для устранения (уменьшения) дисбаланса выполняют балансировку круга в сборе с переходными фланцами (для кругов диаметром более 200 мм и высотой более 20 мм при скоростях резания 35 м/с и выше). Балансировка в производственных условиях осуществляется динамическим или статическим способами. Более качественная динамическая балансировка производится на специальном, достаточно дорогостоящем оборудовании. Для статической балансировки требуется относительно простое приспособление, схема которого приведена на рисунке 3.15.

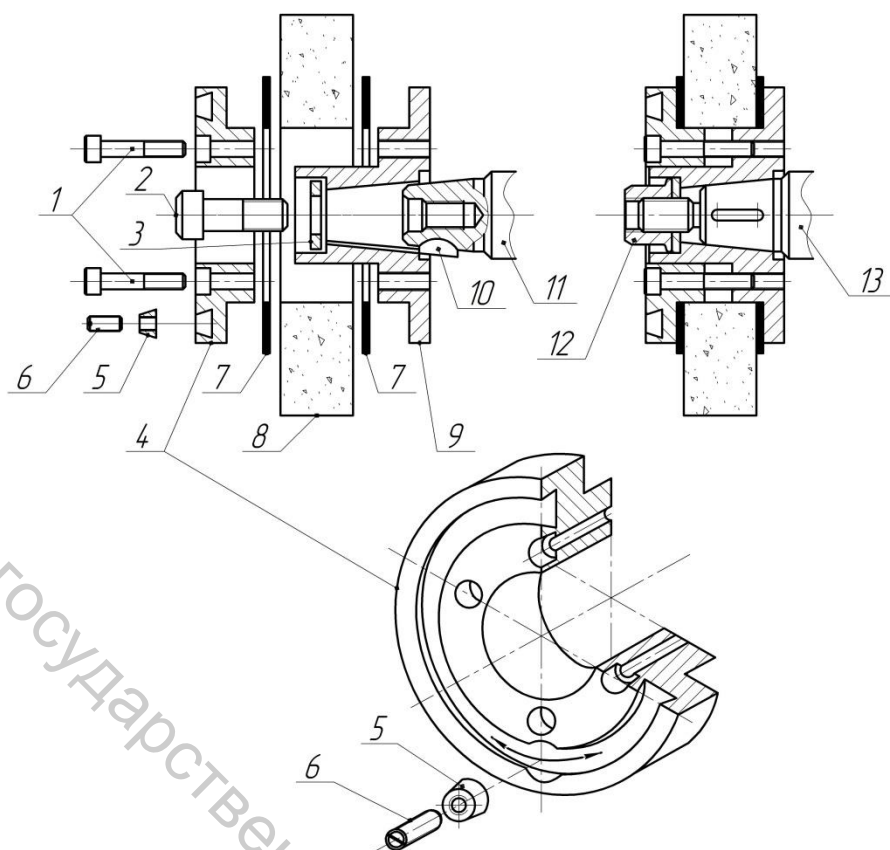


Рисунок 3.14 – Фланцы переходные для крепления шлифовальных кругов на плоско- и круглошлифовальных станках: 1 – винты крепления фланцев; 2, 12 – винт и гайка крепления неподвижного фланца на шпинделе; 3 – шайба; 4, 9 – подвижный и неподвижный фланцы; 5 – балансировочная гайка (груз); 6 – винт крепления балансировочной гайки-груза; 7 – прокладки (технический картон); 8 – шлифовальный круг; 10 – шпиндел; 11, 13 – базы шпинделя (варианты исполнения)

Приспособление для статической балансировки представляет собой плиту, на стойках которой закреплены два параллельных опорных ножа 4 из закаленной высокопрочной стали. Опорные поверхности ножей выставляются строго горизонтально с помощью винтовых регулируемых опор 5 плиты. Для балансировки используется специальная высокоточная оправка 3, имеющая коническую базу, идентичную шлифовальному шпинделю, и две цилиндрические шейки с одинаковым диаметром  $d$ .

В основу способа статической балансировки положен физический принцип гравитационной устойчивости тела качения, имеющего смещенный центр масс. Такое тело (в данном случае – круг с планшайбой в сборе) стремится на горизонтальной опорной плоскости занять положение, когда центр масс расположен ниже точки опоры и находится с ней на одной вертикальной линии.

Переходные фланцы 2 с кругом 1 и оправкой 3 в сборе устанавливаются на горизонтальные ножи 4 балансировочного приспособления. При наличии радиального смещения  $E$  центра масс возникают моменты дисбаланса с плечами  $l^+$  или  $l^-$  в зависимости от места расположения центра масс от точки опоры оправ-

ки на ножах 4. Эти моменты перекачивают балансируемую систему соответственно по часовой стрелке или против часовой стрелки (рисунок 3.15), переводя ее в устойчивое положение  $l^+ - \Gamma = 0$ . Этот процесс носит колебательный характер (маятник). После остановки планшайбы в цилиндрическую расточку балансировочной канавки на подвижном фланце 4 (рисунок 3.14) вводится коническая балансировочная гайка 5, которая продвигается по канавке в верхнюю точку (противоположную положению центра масс, рисунок 3.15) и фиксируется винтом 6 (рисунок 3.14).

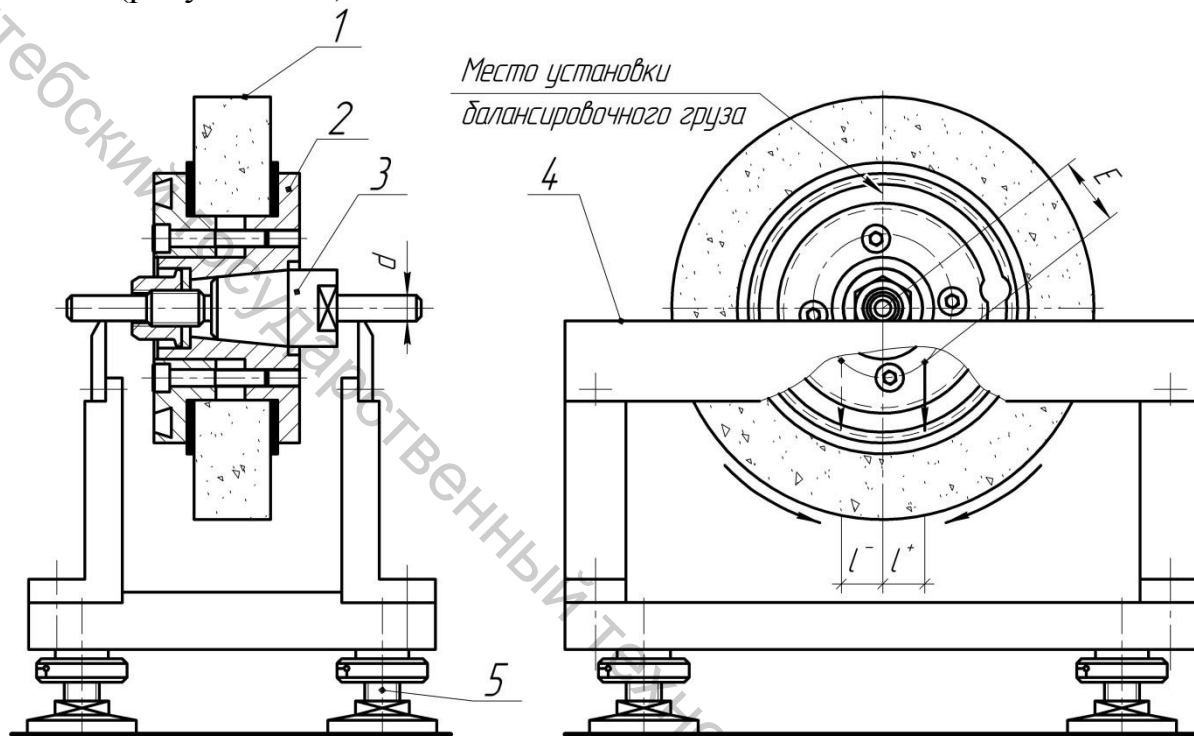


Рисунок 3.15 – Статическая балансировка шлифовального круга с переходными фланцами в сборе: 1 – круг шлифовальный; 2 – фланцы переходные; 3 – балансировочная оправка; 4 – опорные ножи балансировочного приспособления; 5 – регулируемые винтовые опоры; E – радиальное смещение центра масс системы круг – планшайба;  $l^-$ ,  $l^+$  – плечи моментов дисбаланса масс в неустойчивом положении системы круг – планшайба

После этого процесс повторяют (может быть установлено несколько балансировочных гаек) до того момента, когда балансируемая система после установки на ножи в любом произвольном угловом положении остается неподвижной, то есть центр масс расположен внутри цилиндра диаметром  $d$  (то есть  $E < d$ ). Процесс статической балансировки достаточно трудоемок и требует определенных навыков. Точность балансировки (остаточный дисбаланс) зависит от диаметра опорных шеек балансировочной оправки.

Конструкция двухфланцевого крепления (рисунок 3.14) используется для шлифовальных кругов с отверстием (базой) более 51 мм. Для легких шлифовальных станков применяются варианты однофланцевого крепления, показан-

ные на рисунке 3.16. Причем конструкции этих переходных фланцев имеют два исполнения: с балансировочной канавкой и без нее.

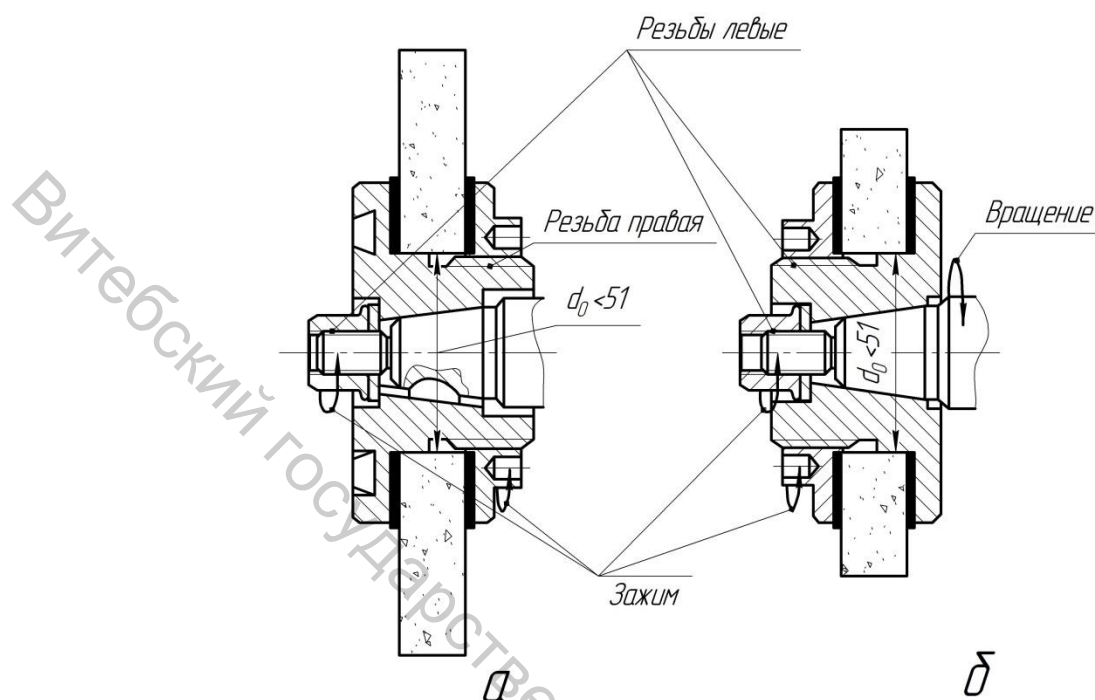


Рисунок 3.16 – Фланцы переходные для крепления шлифовальных кругов с отверстием менее 51 мм с балансировкой (а) и без балансировки (б)

Крепление шлифовального круга на неподвижном фланце производится гайкой с мелкой резьбой. При этом во фланце с балансировочной канавкой гайка крепления расположена за кругом (со стороны шпинделя), а во фланце без балансировки – со стороны гайки крепления самого фланца. Следует обратить внимание на направления резьб на фланце и на шпинделе. Направления резьб противоположны направлению вращения шлифовального шпинделя при взгляде со стороны оператора станка. Во фланце с балансировочной канавкой резьба гайки крепления круга правая, все остальные резьбы левые.

Однофланцевое крепление без балансировки применяется только в тех случаях, когда дисбаланс масс незначительно влияет на процесс шлифования: для шлифовальных кругов диаметром до 200 мм и высотой до 20 мм при скорости резания не более 35 м/с, а также при относительно невысоких требованиях к шероховатости поверхности.

Некоторые современные конструкции шлифовальных кругов выполняются с наклеенными эластичными прокладками и запрессованной пластмассовой втулкой. Для таких кругов не требуются специальные прокладки (поз. 7 рисунок 3.14). Пластмассовая втулка за счет уменьшенного диаметра базового отверстия и эластичности обеспечивает посадку с натягом на переходные фланцы, что частично уменьшает дисбаланс системы круг – фланцы.

Для внутреннего шлифования используются абразивные круги (головки), диаметр которых в 1,5...2 раза меньше диаметра обрабатываемого отверстия. Крепление кругов на внутришлифовальном шпинделе производится на специальных оправках, как это показано на рисунке 3.17.

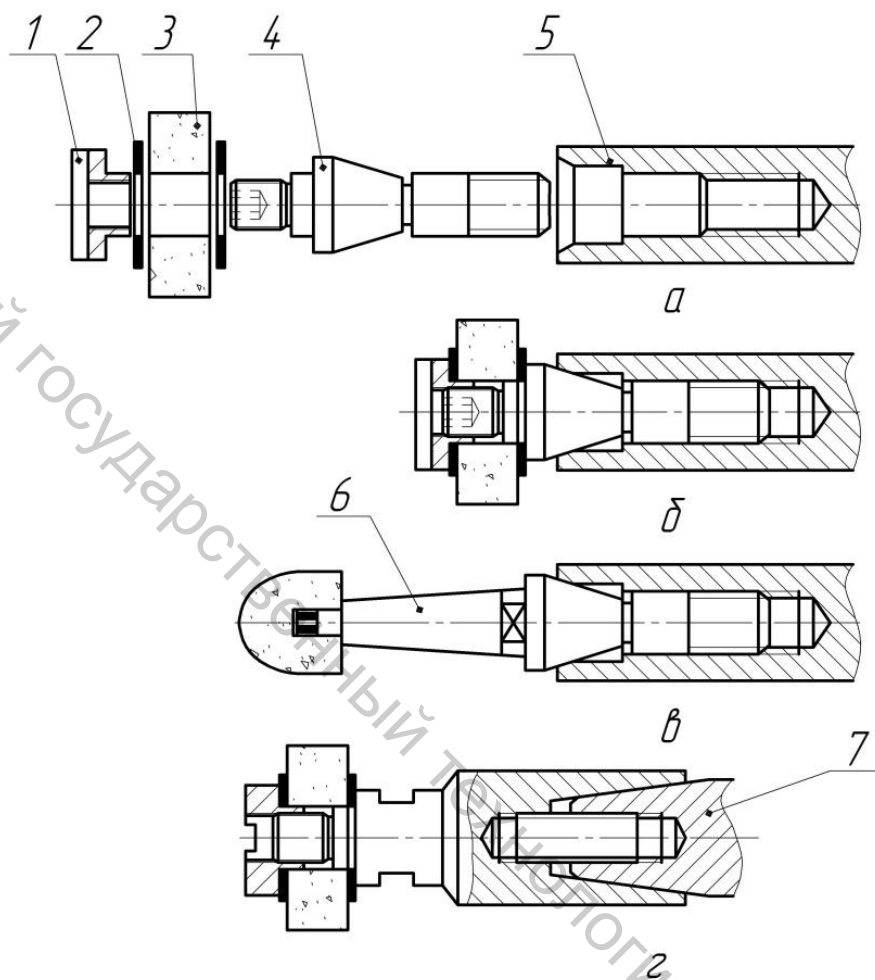


Рисунок 3.17 – Способы крепления абразивных кругов при выполнении операций внутреннего шлифования на универсальных круглошлифовальных (а, б, в) и внутришлифовальных (г) станках: 1 – гайка; 2 – прокладки; 3 – шлифовальный круг; 4 – оправка; 5, 7 – шпиндели универсального круглошлифовального и внутришлифовального станков; б – оправка с наклеенным кругом (шлифовальный бор)

На рисунке 3.17а все элементы инструментальной оснастки расположены в последовательности их сборки, а на рисунке 3.17 б – в собранном виде в шпинделе универсального круглошлифовального станка. Для шлифования отверстий малого диаметра применяются оправки с наклеенными абразивными кругами – шлифовальные боры – головки (рисунок 3.17 в), так как размещение элементов винтового или гаечного крепления на миниатюрных оправках становится проблематичным и нежестким.

Установка оправок в шпинделях универсальных круглошлифовальных станков с позиций теории базирования идентична схеме установки цанг с по-

садкой по конической и цилиндрической базам (с той лишь разницей, что внутришлифовальные оправки имеют резьбу для ввинчивания в шпиндель).

Специализированные внутришлифовальные станки могут иметь шпиндели с «традиционной» для шлифовальных станков конической базой по схеме «Р» (рисунок 3.6), но без шпоночного паза. Такие станки оснащаются соответствующими оправками, один из вариантов которых показан на рисунке 3.17г.

В станках других групп, помимо перечисленных выше, используются типовые базы для установки режущих инструментов, перечисленные на рисунке 3.6, которые, естественно, могут иметь определенные особенности, оговариваемые в паспортах станков. Но во всех случаях учитываются основополагающие принципы теории базирования, изучаемые в курсе «Основы технологии машиностроения» [4].

#### **4 КОМПЛЕКТОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ОСНАСТКИ**

Основные теоретические принципы комплектования инструментальной оснастки изложены в разделе 3 (рисунок 3.1). Для практического пояснения этих принципов ниже приведены несколько примеров.

*Пример 1* (рисунок 4.1). Выбор переходных оправок для операции обработки отверстий сверлами с основными базами в виде конуса Морзе на одном из трех вертикально-сверлильных станков с различными вспомогательными базами шпинделя не только по типу, но и по размерам.

Естественно, что при совпадении базовых поверхностей инструмента и рабочего органа станка (по типу и размерам) сверло 4 устанавливается непосредственно (напрямую).

При несовпадении базовых поверхностей только по размерам используется переходная втулка 5, представляющая собой две группы баз одинакового типа:

- основная база – наружный конус Морзе с «лапкой» для установки в шпиндель;
- вспомогательная база – внутренний конус Морзе с овальным отверстием под инструмент.

При несовпадении типов базовых поверхностей применяются оправки соответствующей конструкции как устройства «согласования» баз. При этом в справочниках (ГОСТ, ОСТ, ТУ) может оказаться несколько конструкций оправок, удовлетворяющих поставленной задаче. В этом случае выбор зависит от других условий или требований выполнения операции, например, необходимого вылета инструмента или жесткости технологической системы и т.п. Оправки 6 и 7 (рисунок 4.1) имеют совершенно одинаковые базы типа «К» (рисунок 3.6) под шпиндель сверлильного станка (сверлильных агрегатных головок) и под инструмент – конусы Морзе с «лапкой», но различные вылеты: укороченный 6 и удлиненный 7.

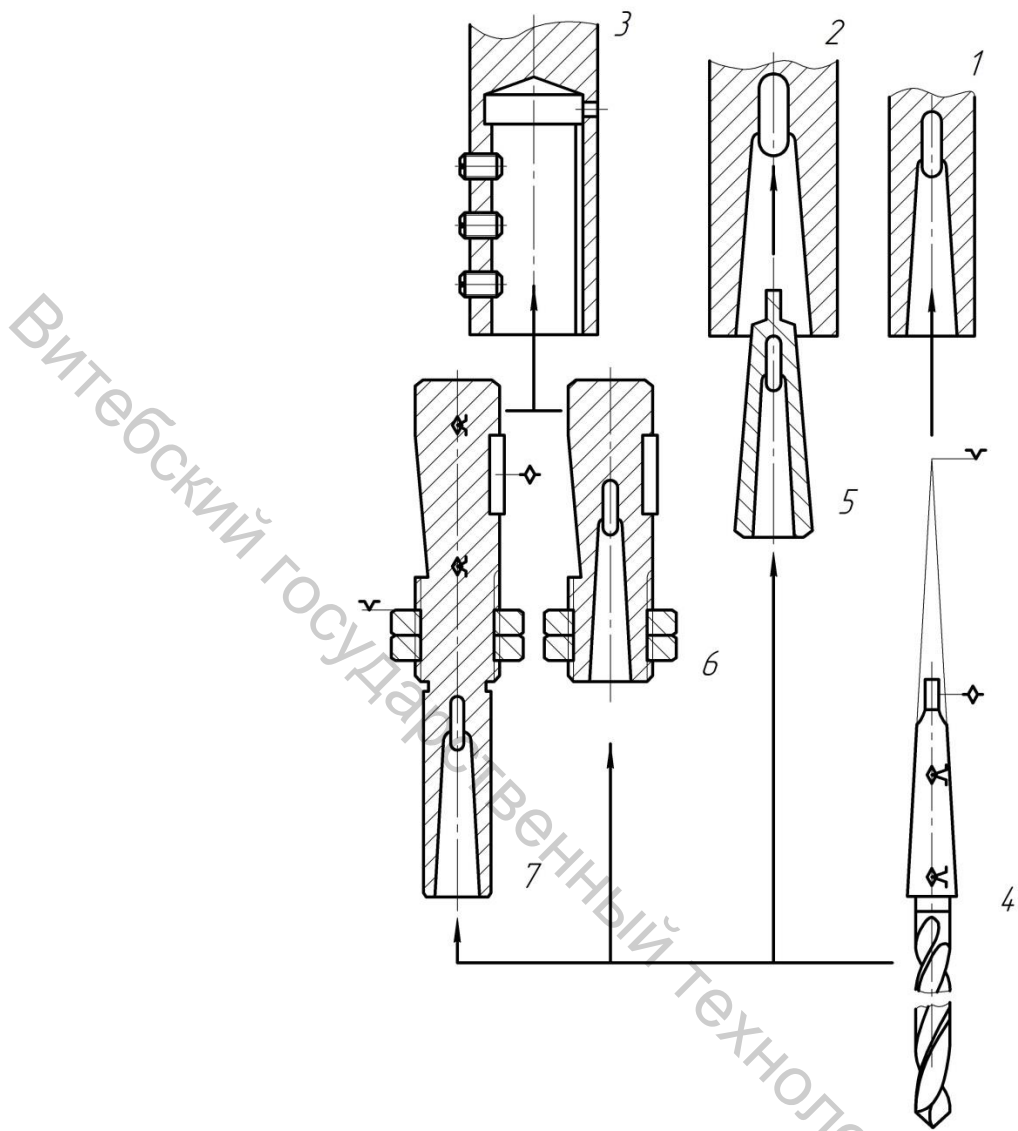


Рисунок 4.1 – Пример установки сверла с конусом Морзе в шпинделях различных вертикально-сверлильных станков (1, 2, 3)

Пример 2 (рисунок 4.2). Комплектование инструментальной оснастки на токарную операцию (переход) при использовании универсального резца с механическим креплением твердосплавной ромбической пластины (угол в плане при вершине  $80^\circ$ ). Универсальность резца заключается в возможности его использования как для проходных, так и для подрезных переходов.

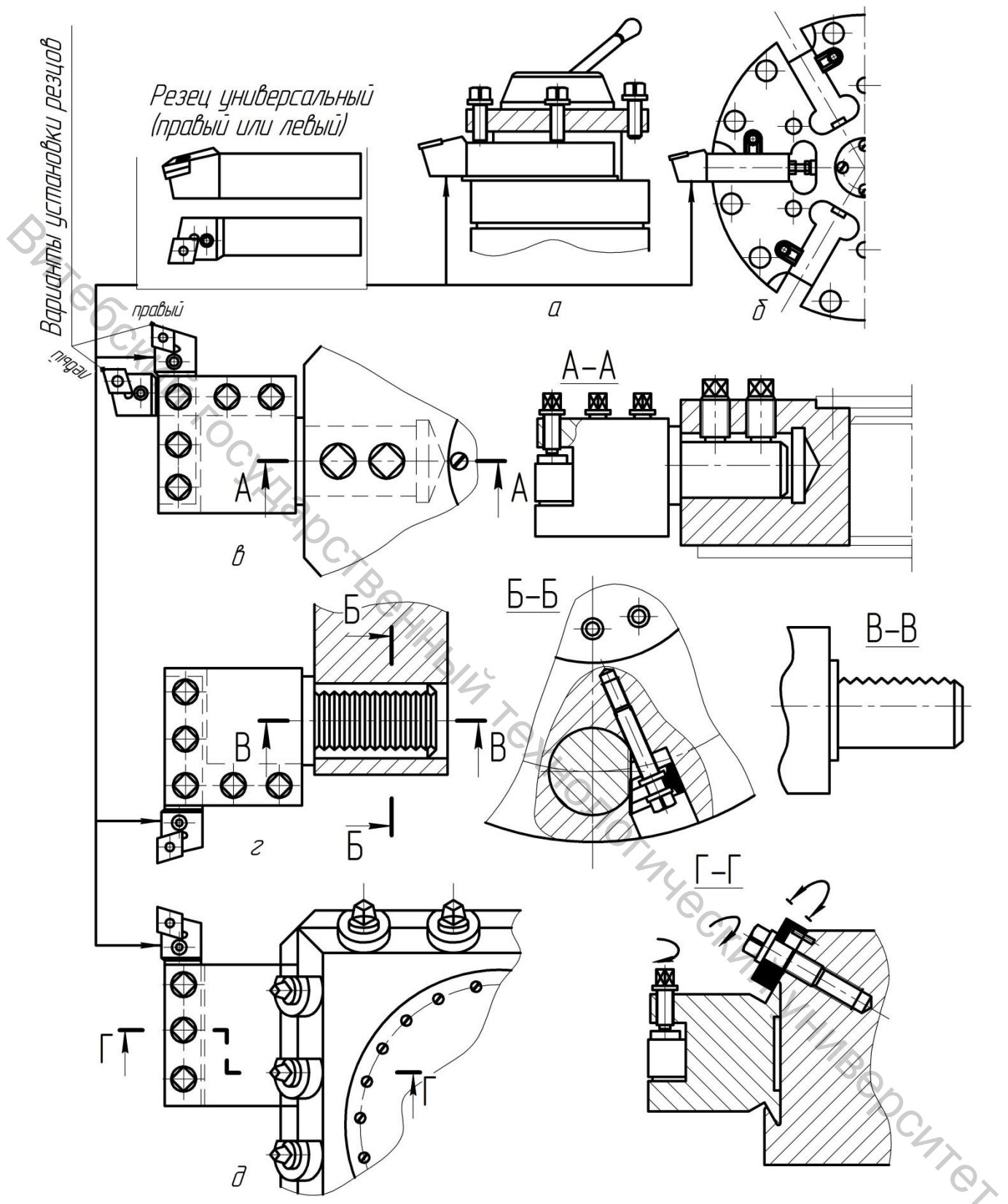
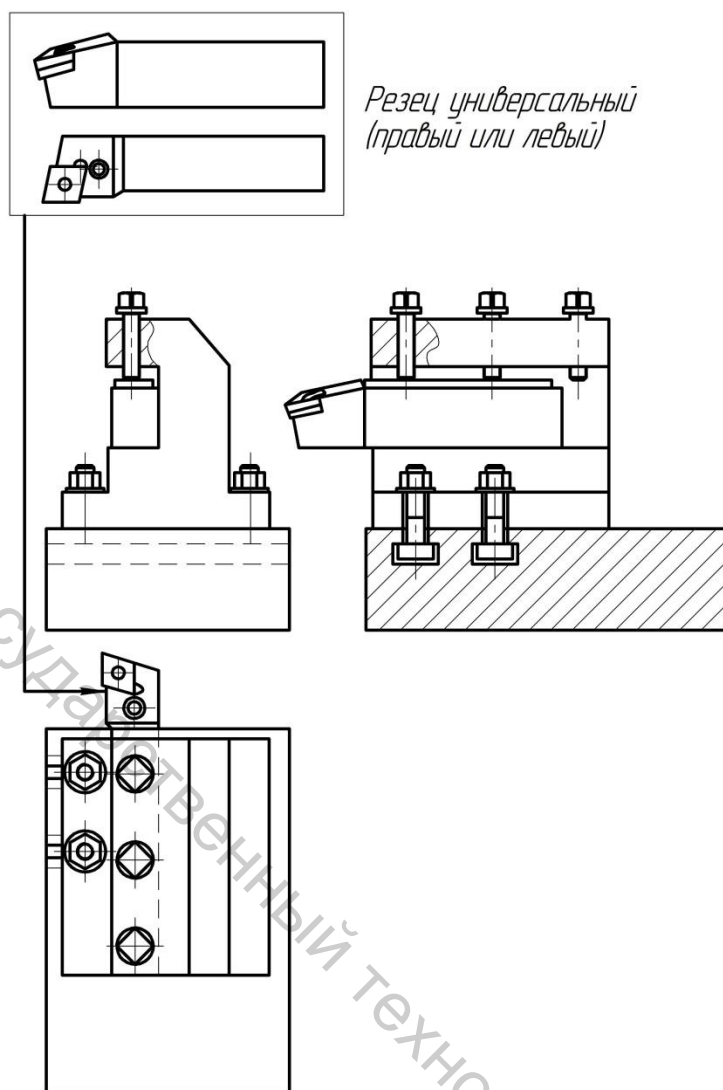


Рисунок 4.2 – Пример установки универсального резца в токарных станках с различными базовыми поверхностями под инструмент: а – универсальных с ручным управлением ( мод. 16К20); в – токарно-револьверных (мод. 1П365); б, г, д –разных полуавтоматах с ЧПУ (соответственно мод. 16К20Т1, 1740РФ3, 16К30Ф3)



*Рисунок 4.2– Пример установки универсального резца в токарных станках с различными базовыми поверхностями под инструмент: е – на поперечных суппортах токарно-револьверных станков и горизонтальных одно- и многошпиндельных полуавтоматов(окончание)*

В соответствии с описанием типов инструментальных баз токарных станков (см. п. 3.3.1) у большинства универсальных токарных и токарно-винторезных станков с ручным управлением резцедержатель позволяет напрямую устанавливать токарные резцы с призматическими корпусами, то есть при проектировании наладок не требуется дополнительных инструментальных приспособлений и элементов (не считая компенсационных прокладок при подгонке инструмента по высоте центров станка).

Аналогичные базы имеют продольные (вертикальные) суппорты многих токарно-карусельных станков (некоторые из этих станков малых габаритов имеют стандартные резцедержатели с базами типа «А» (рисунок 3.6) и на поперечных (горизонтальных) суппортах.

Прямое базирование резцов с призматическими базами допускают и некоторые типы револьверных головок (с осью поворота параллельной оси шпинде-

ля) токарных полуавтоматов с ЧПУ, например, мод. 16K20T1 (рисунок 4.2б). Такие револьверные головки могут отличаться конструктивным исполнением и количеством позиций (6 или 8), что необходимо уточнять по паспорту станка.

При выполнении операции на универсальном токарно-револьверном или токарно-карусельном станке (при горизонтальном суппорте), имеющем револьверную головку с базами типа «С» (рисунок 3.6), для установки резца требуется инструментальный (резцовый) блок, как это показано на рисунке 3.6 в. Блок имеет цилиндрический хвостовик с лыской для угловой ориентации и крепления в револьверной головке. В корпусе блока выполнены продольные или (и) поперечные пазы, аналогичные пазам стандартного резцедержателя для крепления резцов. Известны конструкции блоков и с другими видами базовых поверхностей под инструмент, в частности, с точными цилиндрическими отверстиями и конусами Морзе.

Современные токарные станки с ЧПУ могут быть оснащены револьверными головками с базами типов «D» и «E» (рисунок 3.6), не допускающими прямую установку инструментов без переходных элементов (блоков).

На рисунке 4.2г показана типовая конструкция револьверной головки с осью поворота параллельной оси шпинделя и цилиндрическими базовыми поверхностями. Инструментальные блоки имеют хвостовик с сопрягаемой цилиндрической базой и рифленой лыской под клиновое крепление (в отличие от блоков для токарно-револьверных станков с гладкой лыской под винтовое крепление). Корпуса инструментальных блоков для таких станков с ЧПУ (например, мод. 1740РФ3) подобны корпусам блоков для токарно-револьверных станков (рисунок 4.2в, з). При этом блоки могут иметь левое и правое исполнения, зеркальные друг другу.

Револьверные головки станков с ЧПУ, имеющие ось поворота, перпендикулярную оси шпинделя (рисунок 4.2д), можно отнести к устаревшим конструкциям. Их основной недостаток – малое количество позиций (четыре базы типа «E» – «ласточкин хвост», на которых можно компоновать от четырех до шести разных инструментальных наладок, так как на одной базовой поверхности возможна установка двух блоков одновременно при тщательном анализе отсутствия интерференции элементов технологической системы в цикле работы станка). Отличие инструментальных блоков к таким револьверным головкам – в базовой поверхности «ласточкин хвост» для установки блока. Корпус может иметь один или два призматических паза для резцов (а также цилиндрические или конические отверстия для осевых инструментов).

При задействовании на проектируемой операции поперечного суппорта токарно-револьверного станка, токарного одно- или многошпиндельного полуавтомата во многих случаях приходится использовать специальные резцедержатели, поставляемые со станками или изготавливаемые по специальному заказу. Пример такого резцедержателя приведен на рисунке 4.2е. Особенность их заключается в базировании и закреплении блока как приспособлений на фрезерных станках – по Т-образным пазам на суппорте.

## 5 РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СХЕМ НАЛАДОК

### 5.1 Пути исключения интерференции при проектировании наладок

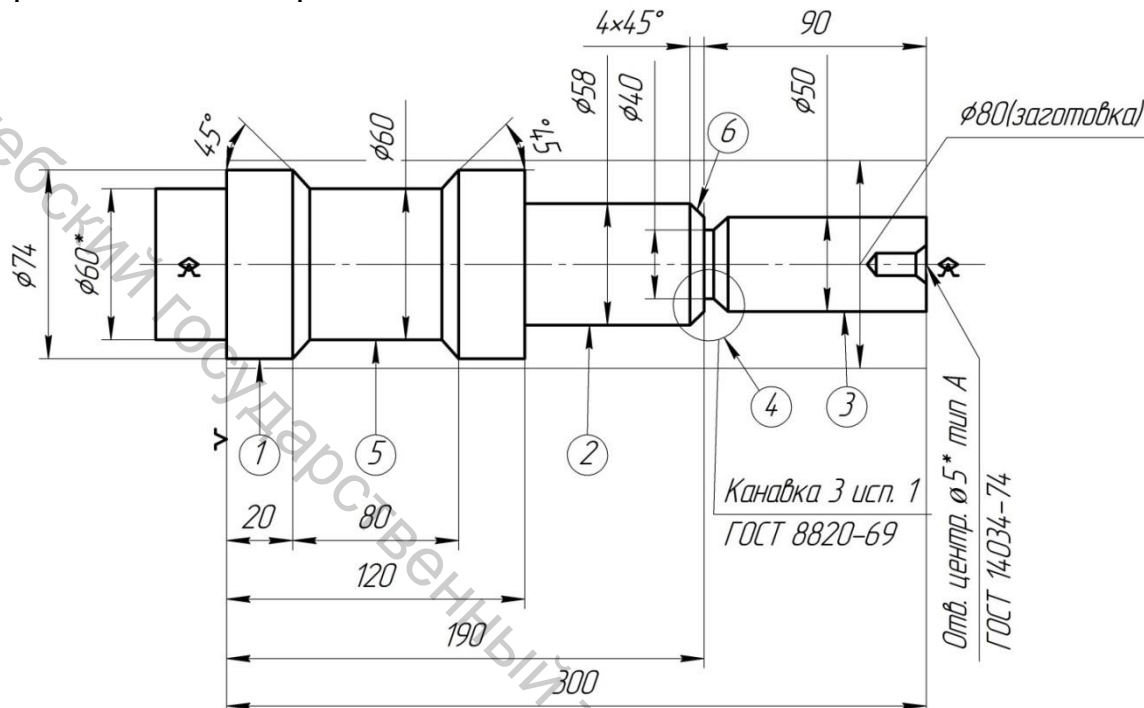
Как отмечалось во введении, одной из основных задач при проектировании технологических наладок металлорежущих станков является проверка отсутствия и исключение интерференции элементов технологической системы при выполнении цикла обработки (операции). Если при прочерчивании схемы наладки это негативное явление обнаружено, то простейшим приемом по его устранению является изменение вылетов инструментов. Фактически определение вылета инструмента относится к одной из расчетно-графических задач проектирования схем наладок. Если изменение (как правило, увеличение до предельно допустимых значений) вылета инструмента не приводит к требуемому результату, то возможно использование некоторых других решений:

- замена типа элемента технологической оснастки;
- замена типа (конструкции) стандартного инструмента;
- изменение схемы обработки и (или) траектории движения инструмента в цикле;
- доработка (модернизация) конструкции стандартного или изготовление специального инструмента;
- доработка (модернизация) конструкции стандартного или изготовление специального элемента оснастки;
- замена технологического оборудования.

Для станков с ЧПУ и цикловых полуавтоматов, работающих последовательно несколькими инструментами, в процессе проектирования наладок устанавливаются рациональные точки рабочего пространства, в которых должны производиться смены инструментов, а также исходные точки выполнения циклов. Рациональность этих характерных точек траекторий движения инструментов определяется не только минимальностью совершаемых вспомогательных ходов в цикле обработки, но и условиями безопасности выполнения операции - безаварийность всех автоматически выполняемых движений и травмобезопасность для оператора при съеме изготовленных деталей, установке заготовок и смене инструментов. В принципе, подобные характерные точки цикла обработки рекомендуется определять и для многоинструментальных станков с ручным управлением (например, токарно-револьверных, токарно-винторезных), так как они требуются для расчетов вспомогательных и рабочих ходов при технологическом нормировании операций. Именно для нормирования на схеме наладки выполняется технологическая циклограмма. При необходимости на схеме наладки может присутствовать и другая графическая информация, требующаяся для решения поставленных задач, например, размерные цепи к расчету вылетов инструментов, рабочих и вспомогательных ходов рабочих органов станка. Ниже приведены примеры проектирования технологических наладок на операции, выполняемые на универсальных станках.

## 5.2 Проектирование наладок на токарную обработку

Операционный эскиз детали приведен на рисунке 5.1. Заготовка – стандартный стальной (сталь 45) прокат круглого сечения. Станок – токарно-винторезный модели 16А16. На предшествующей операции обработаны торцы, центровое отверстие и цилиндрический участок для обеспечения патронно-центральной схемы базирования.



Маршрут обработки, инструмент:

1. Установить заготовку, поджать центром, закрепить.
2. Точить цилиндр 1. Резец PCLNR2525M12 ТУ2-035-892-82.
3. Точить цилиндр 2 в два прохода. Резец с перехода 2.
4. Точить цилиндр 3. Резец с перехода 2.
5. Точить канавку 4. Резец 035-2126-1809 ОСТ 2И10-7-84.
6. Точить канавку 5 в два прохода. Резец К.01.4979.000-02 ТУ 2-035-892-82.
7. Точить фаску 6. Резец с перехода 6.
8. Отвести пиноль, раскрепить и снять деталь.

Технологическая оснастка (приспособления)

- Патрон 7100-0031 ГОСТ 2675-80.  
 Центр \*\* А-1-4-НП ГОСТ 8742-75.  
 Втулка-упор специальная ВИ01.00.000.

Рисунок 5.1 – Исходные данные для примера проектирования наладки на токарную обработку (\* – поверхности, обработанные на предшествующей операции; \*\* – при проектировании заменен на центр Д7106- 4001 СИЗ)

На рисунке 5.1 даны исходные условия для проектирования:

- маршрут обработки заготовки за шесть основных переходов;
- перечень выбранных инструментов;
- перечень используемых приспособлений.

В соответствии с маршрутом обработки на рисунках 5.2...5.4 приведены схемы наладок на группы переходов, выполняемых одним инструментом. Металлорежущие инструменты установлены в поворотном четырехпозиционном резцедержателе станка в соответствии с выбранной схемой обработки: резец проходной упорный в позиции 1; канавочный – в позиции 2; проходной с углом в плане  $45^\circ$  – в позиции 3. Одна позиция не использована. Все инструменты прогрессивной конструкции с механическим креплением твердосплавных пластин имеют корпуса с сечением  $h \times b = 25 \times 25$  мм в соответствии с технической характеристикой станка 16А16.

Для реализации патронно-центральной схемы базирования шпиндель станка оснащен стандартным трехкулачковым самоцентрирующим патроном с ручным приводом зажима заготовки, а пиноль задней бабки – вращающимся центром по ГОСТ 8742–75. Так как основные базы патрона и вращающегося центра соответствуют типу и размерам вспомогательных баз шпинделя и пиноли задней бабки станка, то их установка и крепление осуществляются по типовым схемам без дополнительных элементов технологической оснастки. Инструменты также соответствуют условию их непосредственного базирования в поворотном резцедержателе (без дополнительных элементов оснастки).

Опорной базой заготовки является левый торец ступени вала диаметром 74 мм, которая подлежит обработке на рассматриваемой операции. Поэтому торцы кулачков не могут использоваться в качестве ответной вспомогательной опорной базы приспособления, так как необходим выход (перебег) проходного резца при выполнении перехода 2. Роль вспомогательной опорной базы выполняет специальная втулка – упор (условный индекс чертежа ВИ 01.00.000).

Переходы 2...4 предназначены для обработки ступеней вала за один или два прохода. Проходной упорный резец изображен в конце рабочего хода обработки цилиндра 1, так как с учетом перебега это положение соответствует максимальному сближению инструмента с кулачками патрона. Исходя из условий безопасности работы, принят зазор между кулачками и резцом 8 мм, что может быть обеспечено при длине специальной втулки-упора 10 мм (длина закрепляемого участка ступени вала также 10 мм).

При выполнении переходов 2...4 опасность может представлять подвод проходного резца к обрабатываемым поверхностям при наладочном движении (вспомогательном ходе). Графическое изображение инструмента в этом положении показывает наличие интерференции корпусов резца и вращающегося центра, выбранного по ГОСТ 8742–75 (в соответствии с базой пиноли задней бабки – конусом Морзе 4).

Устранить интерференцию возможно за счет замены резца на другой тип с меньшей шириной корпуса или использовать удлиненный вращающийся центр, например центр Д7106-4001 СИЗ (Саранский инструментальный завод). Вид такого центра приводится на рисунках 5.3 и 5.4 (на рисунке 5.2 оставлен центр по ГОСТ 8742–75 для демонстрации явления интерференции).

В момент наладочного подвода проходного упорного резца существует еще одна опасность интерференции другого инструмента, установленного в соседней позиции 2 резцедержателя, с пинолью задней бабки. Для обеспечения гарантированного зазора между ними в момент подвода проходного резца к ступени вала с наименьшим диаметром обработки вылет проходного резца, как показывает размерный расчет, должен быть не менее 42 мм. Учитывая высоту инструмента  $h = 25$  мм и рекомендации по вылетам для проходных резцов  $L = (1..2)h$ , расчетное значение является приемлемым и должно быть зафиксировано на схеме наладки.

При проектировании наладки на переход 5 токарной операции аналогично требуется определение графическим построением или вычислением вылета канавочного резца. На рисунке 5.3 приведена размерная цепь для аналитического расчета этого технологического параметра наладки.

Увеличивающими размерами цепи являются:

$A_1$  – ширина проходного резца в позиции 3 резцедержателя;

$A_2$  – гарантированный зазор между кромкой проходного резца и корпусом вращающегося центра (продольное положение места возможной интерференции определяется либо графически, либо решением соответствующей размерной цепи:  $155 - 9,2 + 85 > 40 + 150 + 7$  – режущая кромка резца в позиции 3 резцедержателя находится над корпусом вращающегося центра, а не над пинолью задней бабки);

$A_3$  – радиус корпуса вращающегося центра.

Уменьшающие размеры:

$B_1$  – глубина паза в резцедержателе под инструмент;

$B_2$  – радиус дна обрабатываемой канавки.

Таким образом, минимальный вылет канавочного резца

$$L \geq (A_1 + A_2 + A_3) - (B_1 + B_2) = (32 + 5 + 37,5) - (25 + 15).$$

$L \geq 34,5$  мм, что соответствует рекомендуемым значениям. При проектировании наладки на переходы 6 и 7 проблемы интерференции отсутствуют, так как режущие кромки всех инструментов расположены достаточно далеко от элементов технологической системы.

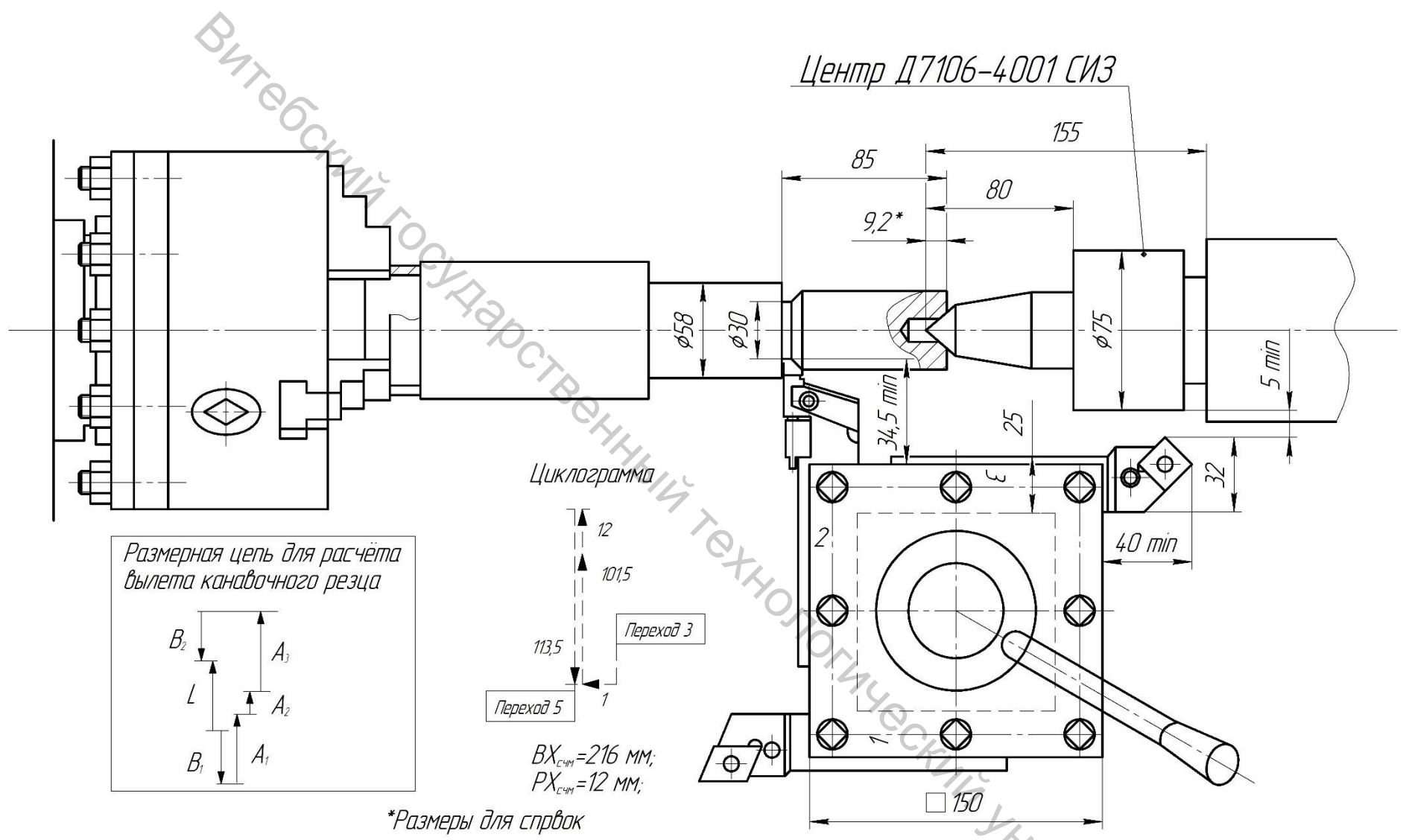
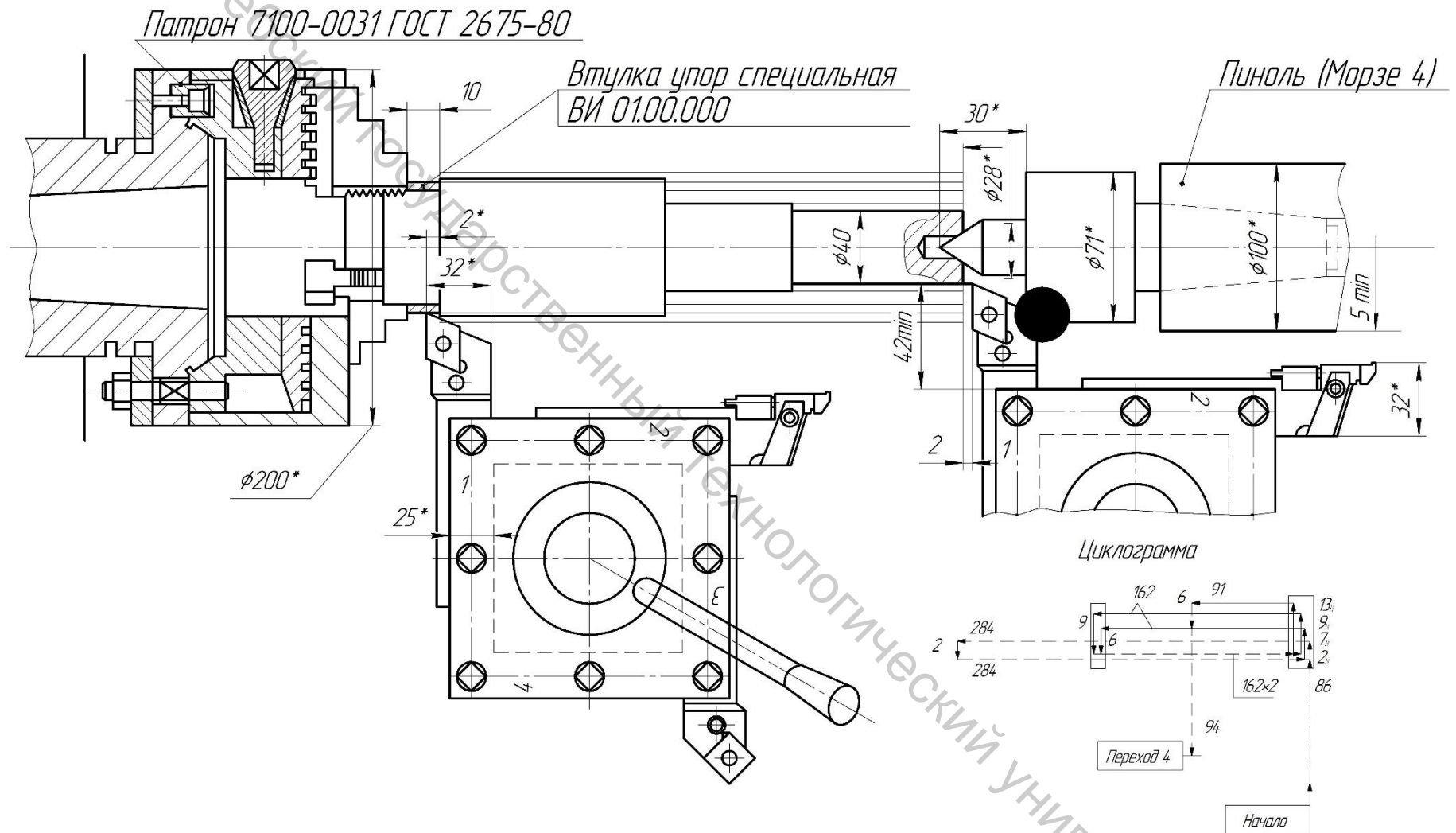


Рисунок 5.2 – Пример схемы наладки токарно-винторезного станка 16A16 для выполнения переходов 2, 3, 4



\*Размеры для справок

$BX_{\text{сш}} = 790 \text{ мм}$ ;  $PX_{\text{сш}} = 720 \text{ мм}$ ;  $HX_{\text{сш}} = 31 \text{ мм}$ .

Рисунок 5.3 – Пример схемы наладки токарно-винторезного станка 16А16 для выполнения перехода 5 (поясняющие надписи над пунктирной линией на схеме наладки не наносятся)

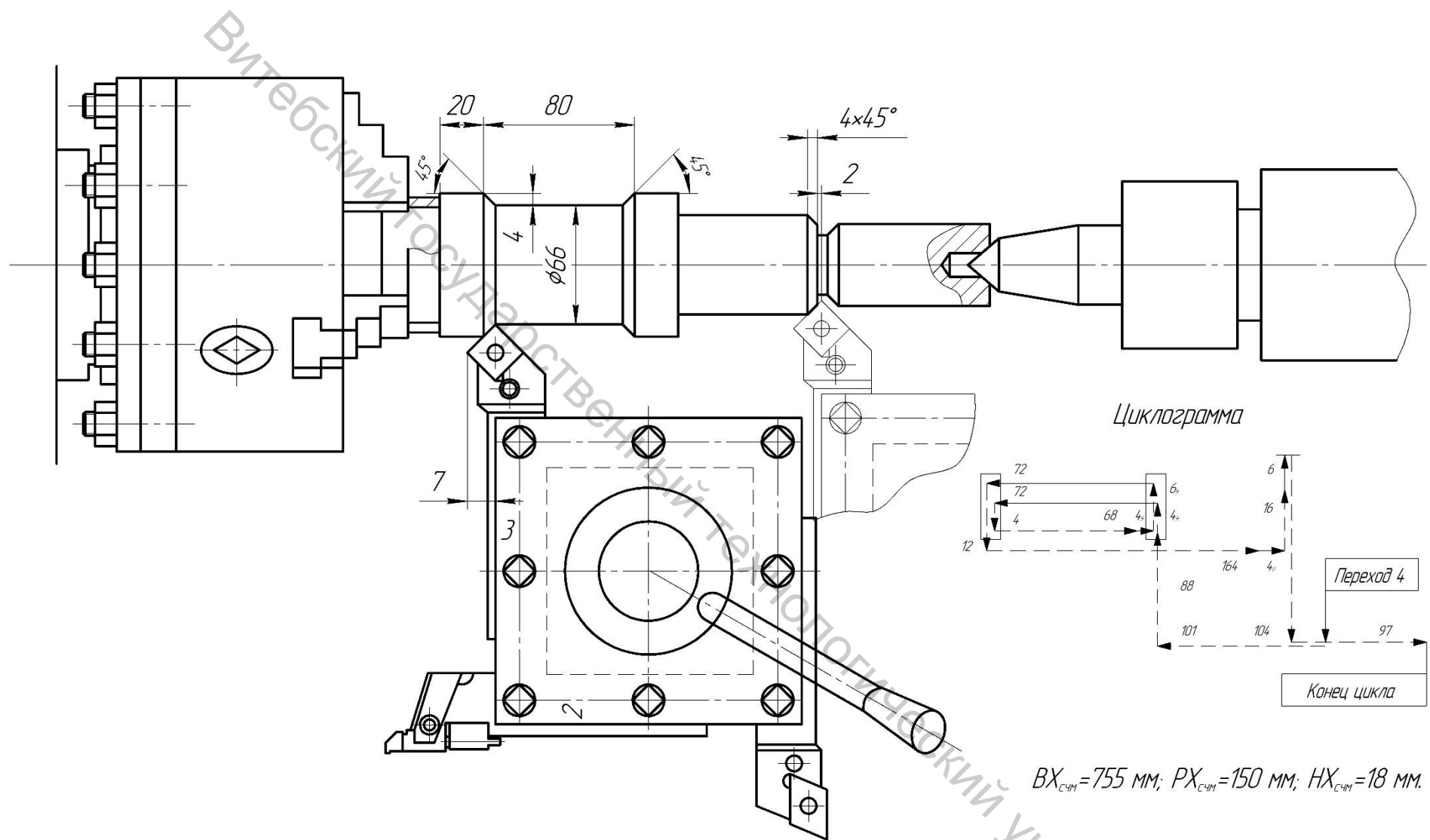


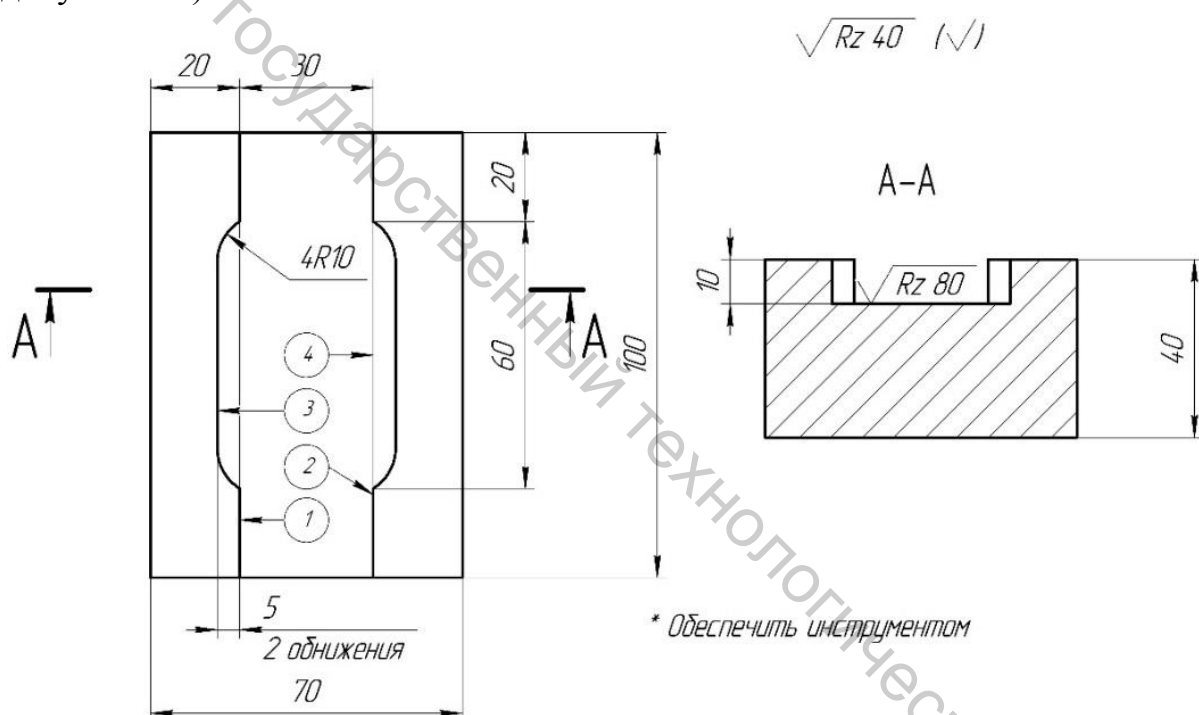
Рисунок 5.4 – Пример схемы наладки токарно-винторезного станка 16A16 для выполнения переходов 6 и 7

### 5.3 Проектирование наладки на фрезерную операцию

Операционный эскиз обрабатываемой заготовки и исходные данные для проектирования наладки приведены на рисунке 5.5. Станок вертикально-фрезерный модели 6Р12. Помимо перечисленных данных, для проектирования наладки требуются:

- паспортные характеристики рабочего пространства фрезерного станка модели 6Р12 (номер конуса шпинделя; размеры стола и Т-образных пазов; максимальные значения ходов стола по координатам, используемым при обработке);

- размерные параметры инструмента и элементов нормализованной технологической оснастки (по ГОСТ, ОСТ, ТУ и другим нормативно-техническим документам).



*Маршрут обработки*

1. Установить заготовку, закрепить.
2. Фрезеровать канавку шириной 26 мм, глубиной 10 мм, симметрично на проход.
3. Фрезеровать стенку 1 канавки.
4. Фрезеровать стенку 2 канавки.
5. Фрезеровать однижение 3 с двумя радиусами R10.
6. Фрезеровать однижение 4 с двумя радиусами R10.
7. Раскрепить и снять деталь.

*Технологическая оснастка:*

Фреза концевая ОЗ5-2223-0104 ОСТ 2И62-2-75, Р6М5К5,  $\phi 20$ .

Втулка 191831053 ТУ 2-0350978085.

Тиски 7200-0206 ГОСТ 16518-6.

Подкладка технологическая ВИО1.00.000; 20мм.

Рисунок 5.5– Исходные данные для примера проектирования наладки на фрезерную операцию

Выбор инструмента для операции обоснован особенностями конфигурации элементов детали и типом применяемого оборудования – универсального вертикально-фрезерного станка с ручным управлением модели 6P12. Так как станок не предназначен для обработки криволинейных поверхностей, то формирование радиусных участков обнижений (R10) возможно только способом копирования соответствующей концевой фрезой диаметром 20 мм. Применение такой фрезы допустимо, так как ширина паза (30 мм) больше диаметра инструмента.

В соответствии с маршрутом процесса обработки паз фрезеруется за три перехода. После обработки паза фреза перемещается для фрезерования обнижения 3, радиусный участок которого формируется при врезании инструмента на глубину обнижения 5 мм. Обработка на универсальных станках с ручным управлением производится методом контроля координат по лимбам (отсчетным устройствам) рабочих органов подачи. Поэтому требуется определить значение продольного вспомогательного хода стола перед врезанием фрезы в стенку паза за счет решения простой геометрической задачи (рисунок 5.6).

Допустим, значения недобега и перебега инструмента при обработке паза приняты 5 мм, а значение недобега при подводе фрезы к стенке паза для обработки обнижений – 2 мм. После обработки стенки паза 2 (рисунок 5.5) проекция оси фрезы на стол станка находится в точке А (рисунок 5.6). Продольное перемещение стола производится при положении фрезы посередине обработанного паза, то есть после поперечного отвода стола на величину АВ = 5 мм. Продольный вспомогательный ход составляет:

$$BC=5 + 20 + X \text{ мм,}$$

где значение дополнительного хода:  $X = \sqrt{R_{fp}^2 - (R_{fp} - 5)^2} = \sqrt{10^2 - (10 - 5)^2} \approx 8,7 \text{ мм} \cdot$

Таким образом, расчетный вспомогательный ход BC=33,7 мм. Значение продольного рабочего хода при обработке обнижения паза:

$$PX = 60 - 2 - 8,7 = 42,6 \text{ (мм).}$$

Следует обратить внимание на то обстоятельство, что в станках с ручным управлением вспомогательные хода (ВХ) могут осуществляться механизированно со скоростью, указанной в паспорте станка (для мод. 6P12  $v_{ВХ}=3000$  мм/мин). Однако не для всех вспомогательных ходов в цикле обработки допустимо использование механического привода по соображениям безопасности (врезания на ВХ) или исключения ухудшения качества (шероховатости) обработанной поверхности. В частности, в рассматриваемом примере совокупность вспомогательных ходов для подвода инструмента перед врезанием в стенку паза не может выполняться с применением механизированного привода, так как поперечные хода АВ и CD достаточно малы (5 и 3 мм соответственно), а продольный ход выполняется без вертикального отвода фрезы от обработанной поверхности (дна) паза. По этой причине на схеме наладки необходимо разделить все вспомогательные хода на механизированные и ручные (скорость ручного вспомогательного хода должна приниматься из условия допустимой ше-

роховатости поверхности, по которой ускоренно перемещается инструмент, – в примере Rz 80).

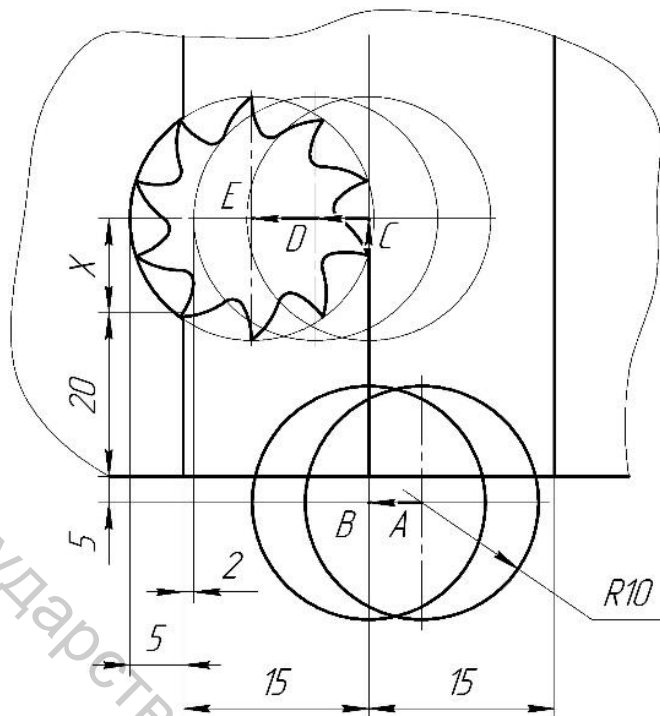


Рисунок 5.6 – Схема расчета величины вспомогательного хода перед врезанием фрезы для обработки обniżения 3 (рисунок 5.5)

На рисунке 5.7 приведен вариант наладки на описанную фрезерную операцию. Фреза концевая диаметром 20 мм по ОСТ 2И62–2–75 имеет хвостовик (базу) конус Морзе 3 по ГОСТ 25557–82 с резьбовым отверстием М12. Базой шпинделя станка модели 6Р12 является конус с конусностью 7:24 номер 50 по ГОСТ 30064–93. Для установки фрезы можно использовать втулку переходную 191831053 по ТУ 2–035–978–85, имеющую соответствующие инструменту и шпинделю базы. Допустимо применение технологической оснастки по другим нормативно-техническим документам, например, втулки переходной 6103–0003 по ГОСТ 13790–68.

При установке в шпинделе станка втулка своими пазами во фланце должна быть сориентирована в угловом положении по двум торцовым шпонкам шпинделя, предназначенным для передачи крутящего момента на втулку. Вся система фреза – втулка должна быть жестко закреплена к шпинделю резьбовой тягой-шомполом.

Заготовка при обработке закреплена в стандартных станочных тисках с ручным силовым приводом. Для улучшения условий визуального контроля процесса обработки между заготовкой и опорной плоскостью тисков установлена технологическая подкладка толщиной 20 мм (со шлифованными опорными сторонами). Сами тиски закреплены по типовой схеме в Т-образных пазах станка (п. 2.5.1 и рисунок 2.15).

Исходя из простой размерной цепи (высота опорной плоскости тисков, толщина подкладки, высота заготовки и глубина обрабатываемого паза) опре-

делен наладочный размер вертикального положения стола относительно торца фрезы – 150 мм.

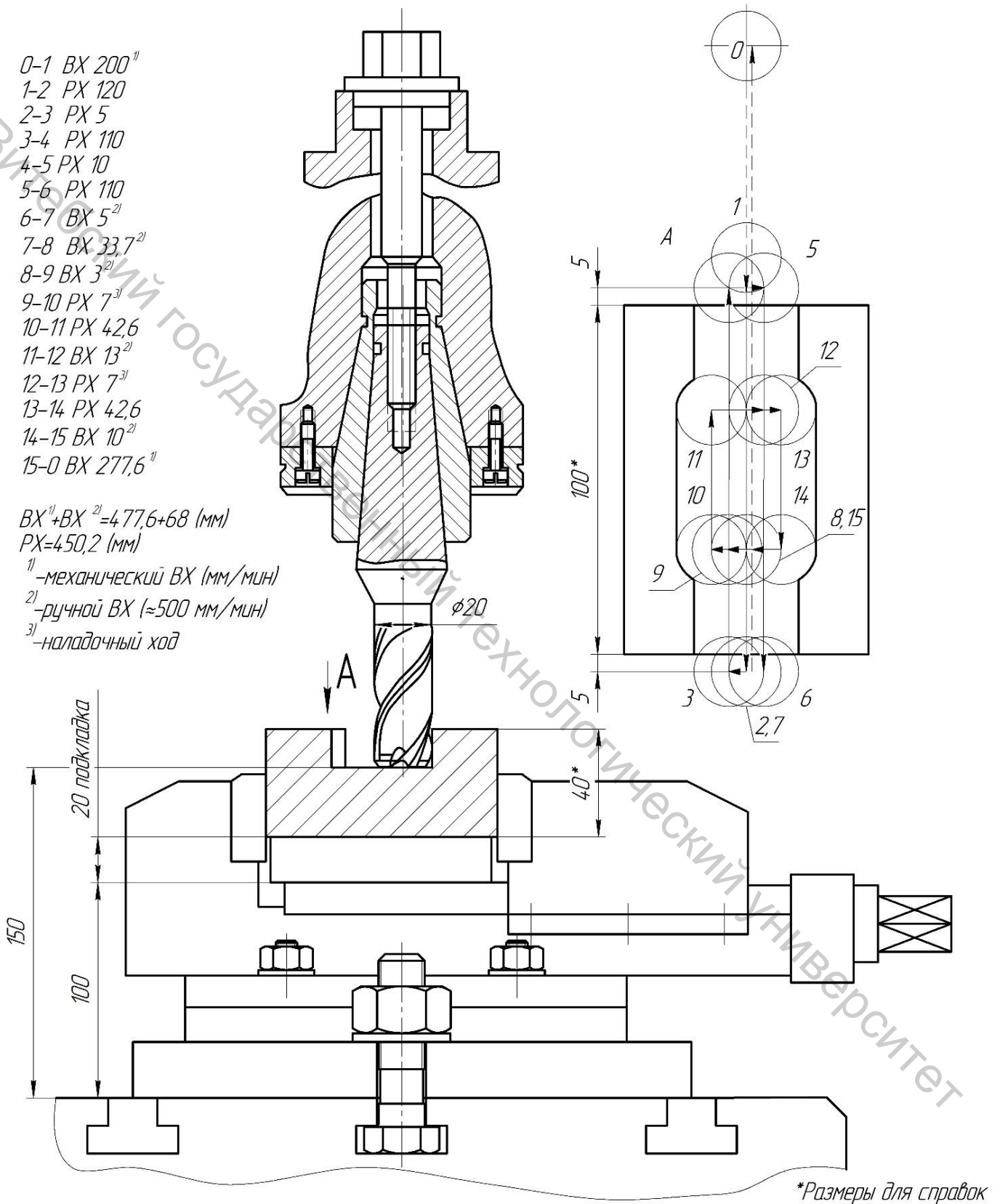


Рисунок 5.7 – Схема наладки фрезерного станка модели 6P12 на обработку заготовки детали «Плита» (BX – вспомогательный ход, PX – рабочий ход)

На схеме наладки приведена циклограмма. Так как для обработки детали используются только поперечная и продольная подачи стола, то циклограмма операции является «плоской». Для более наглядного представления принципа построения циклограммы тонкими линиями указаны положения фрезы в граничных точках рабочих и вспомогательных ходов, имеющих сквозную нумерацию. Такая нумерация используется для циклограмм с достаточно большим количеством близкорасположенных и пересекающихся ходов. Значения рабочих и вспомогательных ходов указаны отдельно (допускается в форме таблицы). Также приводятся суммарные значения всех рабочих и вспомогательных ходов, которые используются при нормировании операции.

Схема наладки причерчивается, как уже отмечалось, при конечном положении данного инструмента (в конце последнего рабочего хода), то есть в данном случае – в точке 14 циклограммы.

На схеме могут быть нанесены и другие размеры, не относящиеся напрямую к процессу наладки станка на выполнение конкретной операции, но поясняющие принципы проектирования схемы и циклограммы, расчетов значений ходов, характеристики используемых инструментов, технологической оснастки и т.п.

## **5.4 Проектирование наладок на сверлильную обработку**

### **5.4.1 Исходные сведения для проектирования наладок**

Операционный эскиз детали «Полукопус» и маршрут обработки приведены на рисунке 5.8. Заготовка – отливка под давлением из алюминиевого сплава АЛ9. Станок вертикально-сверлильный модели 2Н125. Для выполнения обработки используется следующая технологическая оснастка:

- сверло центровочное 2317–0008 ГОСТ 14952–75, Р9, Ø5 мм;
- сверло спиральное 035–2300–1273 ОСТ 2И20–1–80, Р6М5, Ø10 мм;
- сверло спиральное 035–2300–1241 ОСТ 2И20–1–80, Р6М5, Ø6,7 мм;
- зенковка 2353–0134 ГОСТ 14953–80, Р6М5;
- цековка (зенковка цилиндрическая) 035–2350–0106 ОСТ 2И22–2–80, Р6М5, Ø17 мм;
- метчик 035–2620–0501 ОСТ 2И52–1–74, Р9, М8х1,25;
- подставка ПР01.00.000;
- кондуктор накладной ПР02.00.000;
- кондуктор накладной ПР03.00.000;
- приспособления для установки инструментов (п. 5.4.1 и 5.4.2).



Вертикально-сверлильные станки с ручным управлением общемашиностроительного назначения имеют шпиндели с базами типа «G» (рисунок 3.6) по ГОСТ 30064–93 и конусом Морзе для хвостовиков с лапкой, а по специальному заказу – с базами «агрегатного» типа по ГОСТ 13876–87 (тип «K») с винтовым или шариковым креплением (рисунки 3.10 и 3.11). Применение «быстрых» шариковых зажимов наиболее целесообразно в мелкосерийном производстве, так как позволяет значительно сократить непроизводительные затраты времени на смену инструментов в станках с ручным управлением. В примерах рассматриваются варианты наладок станков модели 2Н125 с обоими конструктивными исполнениями шпинделей.

При проектировании операций механической обработки большое значение имеет выбор способов достижения точности обрабатываемых поверхностей. Например, точность координат системы обрабатываемых отверстий может быть обеспечена направлением инструментов (сверл, расточных борштанг) по кондукторным втулкам в специальных кондукторах различного типа, направлением инструментов по предварительно просверленным центровым (технологическими) отверстиям или непосредственным сверлением отверстий спиральными сверлами по разметке, выполненной на предыдущей слесарной операции. В проектируемых далее схемах наладок будут показаны примеры использования некоторых из перечисленных способов достижения точности.

#### **5.4.2 Проектирование наладок вертикально-сверлильных станков с цилиндрическими базами шпинделей (тип «K»)**

При необходимости шпиндели универсальных вертикальных сверлильных станков могут изготавливаться с базами по ГОСТ 13876–84 под цилиндрические хвостовики регулируемых втулок, оправок и патронов. В большинстве случаев они изготавливаются в «стандартном» исполнении с винтовым креплением хвостовиков, но по специальному заказу могут поставляться с «быстрыми» шариковыми зажимами (рисунок 5.9). Несложно модернизировать под схему быстрого зажима и стандартный шпиндель, как это показано, например на рисунке 5.9. Схемы наладок в примере рассматриваются для варианта шпинделя с быстрыми шариковыми зажимами.

Используемая инструментальная оснастка:

- втулка регулируемая короткая 191836022 ТУ 2–035–768–80 (028мм);
- патрон 16–В18 ГОСТ 8522–79(диапазон диаметров закрепляемых сверл 3...16 мм);
- хвостовик переходный специальный ВИ01.00.000;
- патрон резьбонарезной 191221029А ТУ 2–035–975–85;
- метчикодержатель (к патрону) 191221029А/050 ТУ 2–035–975–85.

Переходы 2, 3. Обработка отверстий диаметром 10 мм производится по разметке с предварительным сверлением центровых отверстий (сечение А-А на рисунке 5.8). Слесарная разметка с кернением выполняется на опорной плоскости заготовки. Так как заготовка детали «Полукорпус» не имеет устойчивой

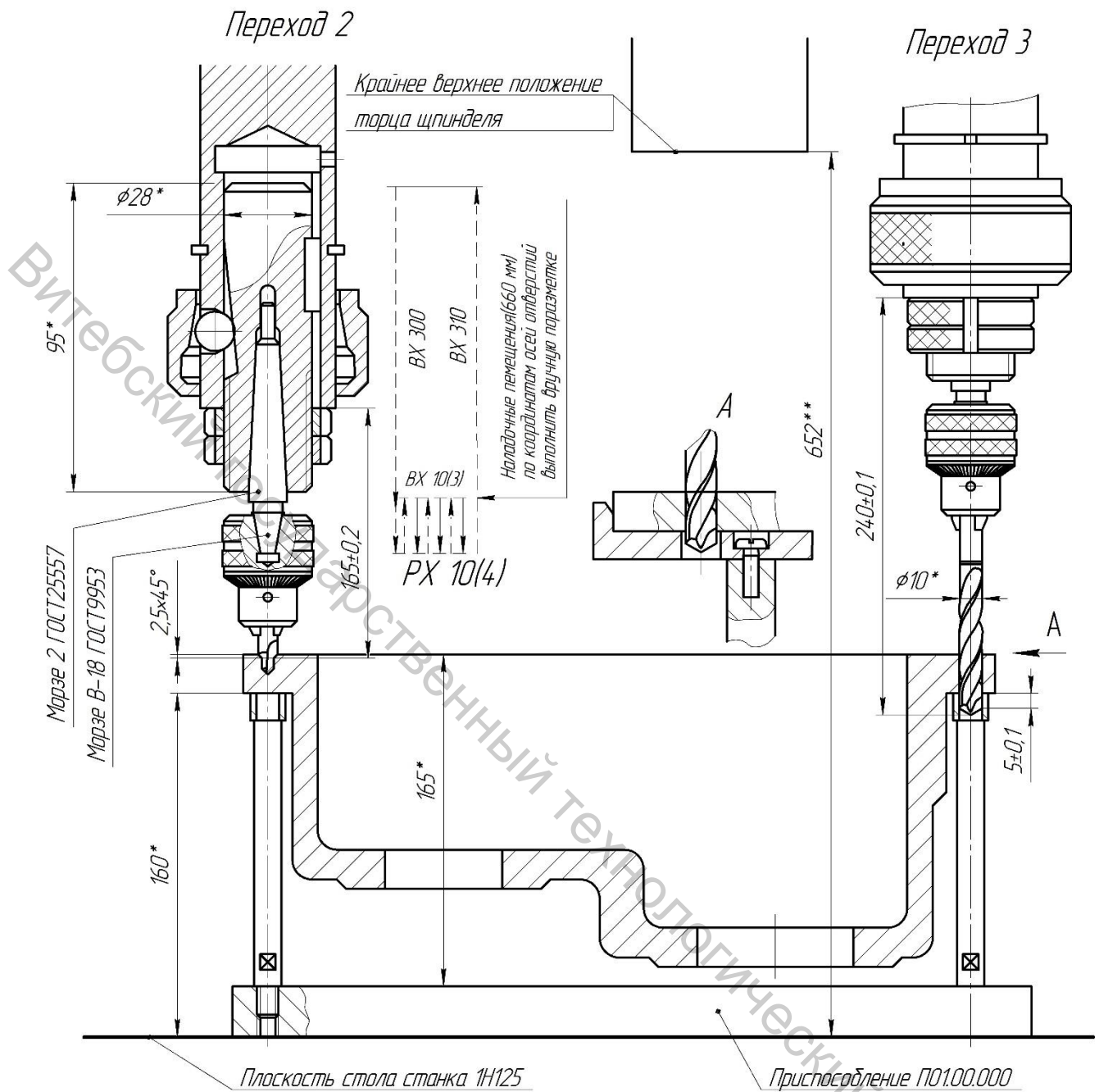
основной базы (плоскости), то на первых трех переходах используется специальное приспособление – подставка (условный чертеж ПР01.00.000). Подставка без крепления устанавливается на стол станка, и на стойки с планками базируется заготовка (также без крепления). Для предотвращения смещения заготовки в приспособлении опорные планки выполнены с боковыми буртиками (рисунок 5.9 вид А). В планках имеются отверстия для выхода сверл при сверлении сквозных крепежных отверстий диаметром 10 мм.

Принцип сборки и наладки оснастки на выполнение перехода 2 обработки технологических центровых отверстий наглядно проиллюстрирован на рисунке 5.9.

Наладки на различные переходы операции допускается, при возможности, совмещать на одной схеме (одном чертеже). Например, на рисунке 5.9 помимо схемы наладки на переход 2 сверления центровых отверстий показана и схема наладки на переход 3. Так как для выполнения обработки выбрано спиральное сверло с цилиндрическим хвостовиком, то можно воспользоваться аналогичными переходу 2 элементами оснастки. При этом не рекомендуется повторять разрезы и сечения предыдущих схем, поясняющие принципы базирования и закрепления элементов оснастки, а выполнить упрощенные габаритные виды.

Следует иметь в виду, что при использовании в серийном производстве быстросменных инструментальных наладок смена инструмента производится вместе с элементами инструментальных приспособлений (комплектами). Это, естественно, увеличивает общее количество используемой на операции оснастки: для выполнения переходов 2 и 3 рассматриваемой в примере операции требуется как минимум два одинаковых комплекта патрон – хвостовик – втулка. Для повышения производительности труда целесообразно использовать организационный принцип оснащения рабочего места таким количеством одинаково настроенных комплектов, которое достаточно для выполнения операции в течение смены (или для обработки всей партии заготовок деталей, если для этого требуется менее одной смены) без отвлечения на процесс замены изношенных инструментов в комплектах и их настройки на наладочные размеры. Эти вспомогательные процессы должны выполняться либо основными рабочими в начале смены или перед обработкой партии заготовок, либо вспомогательными рабочими инструментальных подразделений механического цеха (инструментально-раздаточных кладовых).

Настройка комплекта на наладочные размеры при использовании регулируемой втулки обеспечивается регулировочной гайкой при установке комплекта в специальное приспособление (вне станка), имитирующее установку в шпинделе. Эта настройка призвана обеспечить как начальную установку новых инструментов, так и компенсацию изменения их размеров после переточек. Далее будет рассмотрен пример настройки некоторых инструментов на наладочные размеры.



\*Размеры для справок

\*\* Настроить наладочным перемещением стола

Рисунок 5.9 – Условно совмещенные схемы наладок на переходы 2 и 3 сверления технологических центровых и цилиндрических отверстий на станке 1Н125 со шпинделем исполнения «К» и шариковыми зажимами

Переход 4. Схема наладки на переход зенкования фасок приведена на рисунке 5.10. При выборе инструментов и оснастки следует руководствоваться принципом максимальной унификации. Поэтому для обработки фасок использована та же регулируемая втулка, что и на предыдущих переходах, так как инструмент (зенковка) имеет аналогичную базу – наружный конус Морзе 2 с лапкой.

Переход 6. Обработка отверстий 06,7 мм под резьбу М8-7Н производится по специальным накладным кондукторам (условные чертежи ПР02.00.000 и ПР03.00.000). Подставка ПР01.00.000 снимается со стола станка. На заготовку устанавливаются кондукторы (рисунок 5.11), ориентируемые друг относительно друга с помощью паза и выступа с посадкой 75Н8/h7. Заготовка в сборе с накладными кондукторами устанавливается на стол станка.

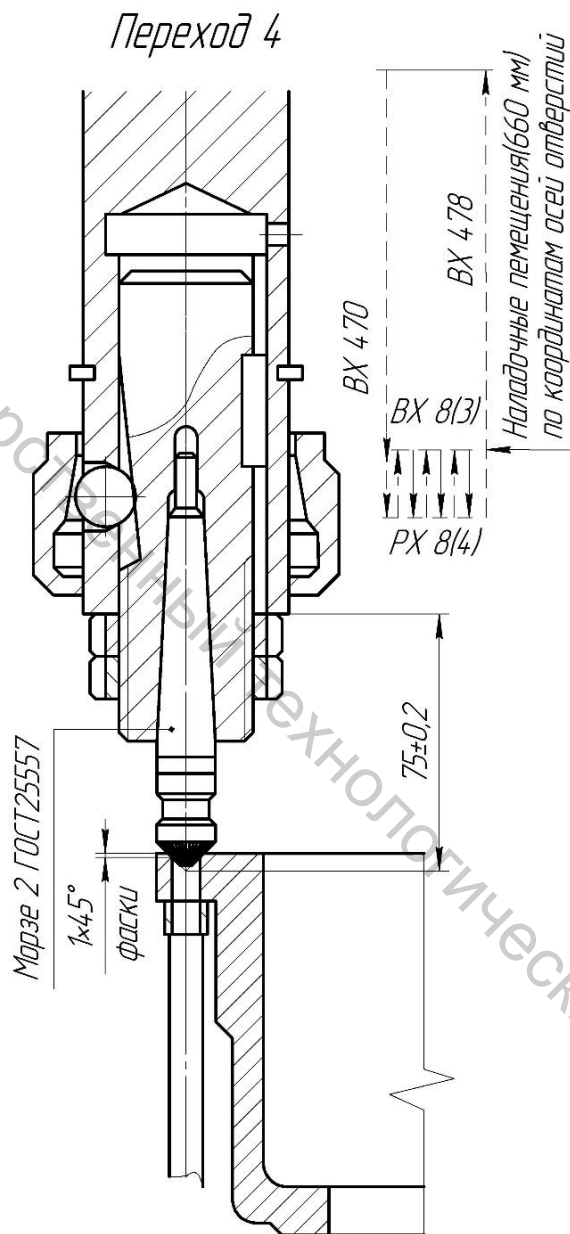


Рисунок 5.10 – Схема наладки на переход 4 зенкования фасок

Переход 6

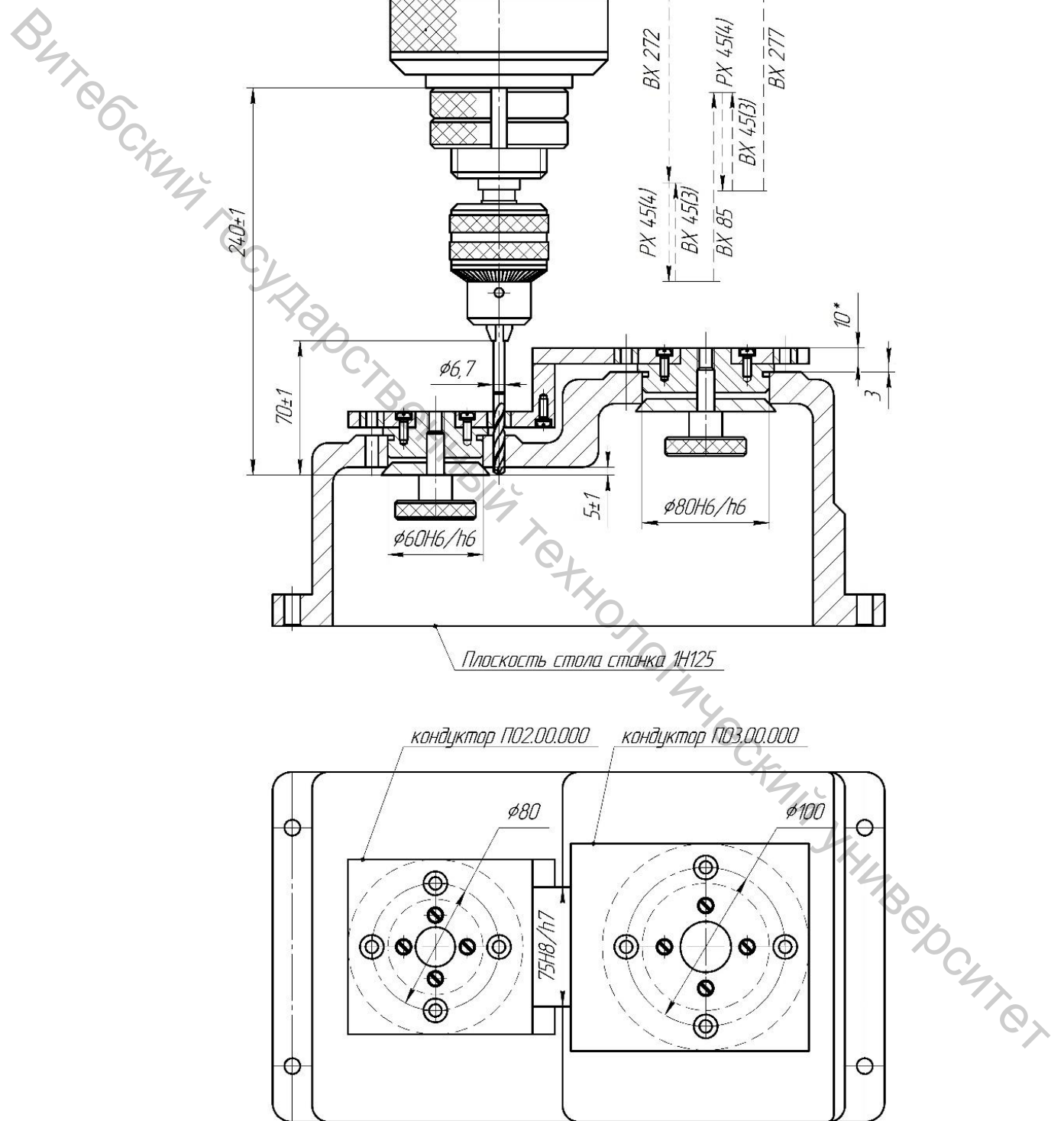


Рисунок 5.11 – Схема наладки на переход 6 сверления восьми отверстий под крепежную резьбу по специальным накладным кондукторам

Инструментальный комплект аналогичен комплекту перехода 3 (втулка регулируемая быстросменная – переходный хвостовик – патрон сверлильный трехкулачковый – сверло спиральное  $\text{Ø}6,7$  мм с цилиндрическим хвостовиком). Высокую точность координат восьми крепежных отверстий относительно друг друга и отверстий  $\text{Ø}6\text{H}6$  и  $\text{Ø}8\text{H}6$  обеспечивает направление сверла по кондукторным втулкам, запрессованным в кондукторные плиты.

Переход 7. Схема наладки на переход зенкования фасок  $1,5 \times 45^\circ$  (рисунок 5.12) аналогична схеме наладки на переход 4 с использованием того же инструментального комплекта.

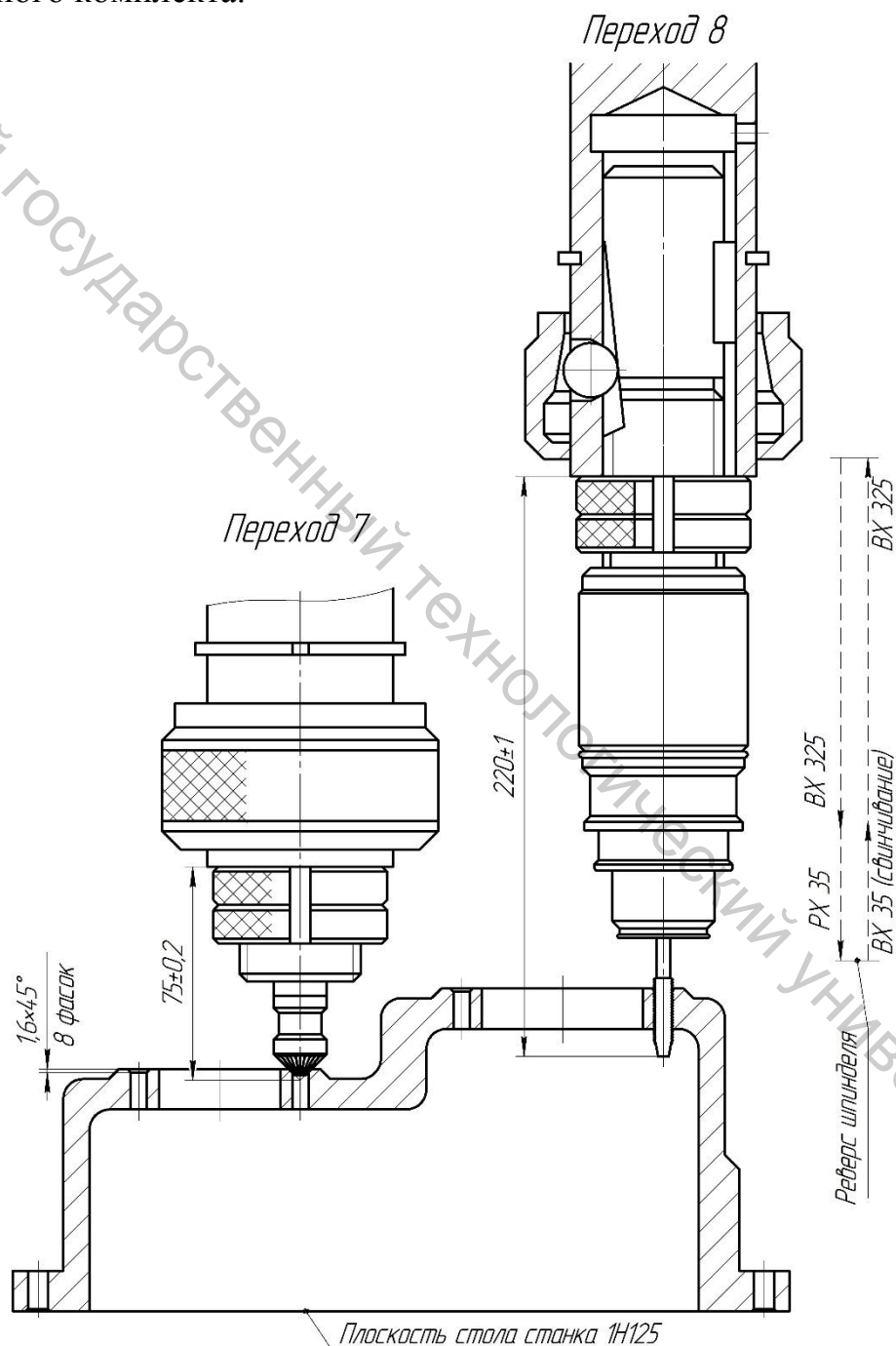


Рисунок 5.12 – Условно совмещенные схемы наладок на переход 7 (зенкование восьми фасок  $1,5 \times 45^\circ$ ) и переход 8 (нарезание резьб М8-7Н)

Переход 8. Обработка сквозных резьб производится машинным метчиком М8х1,25 по ОСТ 2И52–1–74. Специфика нарезания резьб мерными инструментами типа метчиков, круглых плашек или резьбонарезных головок на металло-режущих станках, не имеющих точных винторезных кинематических цепей (сверлильных, токарных, расточных), состоит в том, что инструмент должен крепиться в шпинделе с помощью компенсирующего патрона. Патрон обеспечивает инструменту степень свободы в осевом направлении относительно шпинделя, механическое или ручное движение подачи которого не может точно соответствовать шагу нарезаемой резьбы. Компенсирующие патроны имеют различные конструктивные решения. Одни из них рассчитаны на компенсацию подачи шпинделя, превышающей шаг резьбы, другие работают только при подаче, меньшей шага резьбы, третьи работоспособны при любом из перечисленных условий настройки режима работа станка, то есть являются универсальными. На рисунке 5.12 показана условно совмещенная наладка на резьбонарезной переход сверлильной операции без разреза компенсирующего патрона.

Рассмотрим одну из конструкций резьбонарезного патрона, серийно выпускаемого по ТУ 2–035–975–85 (рисунок 5.13 а). Хвостовик 1 патрона выполнен в регулируемом исполнении по ГОСТ 26540–85 (соответствует типу инструментальных баз «К», рисунок 3.6) и соединен с корпусом 3 с помощью винта 4. Шпонка 2 обеспечивает передачу крутящего момента на корпус, в котором выполнено несколько продольных пазов, закрытых кожухом 7. Кожух крепится на корпусе стопорной шайбой 11. Столько же пазов выполнено во втулке 9 внутри корпуса 3. В пазах размещены шарики 8, передающие крутящий момент на втулку 9 и допускающие ее продольное перемещение относительно корпуса. Основную функцию компенсаторов выполняют пружины 5 и 6. Одним концом пружины опираются на опорную втулку 10, ход которой вниз ограничен винтом 4. Второй конец наружной пружины 6 опирается на буртик втулки 9, а внутренней пружины 5 – на корпус 3. Таким образом, при отсутствии осевой нагрузки на патрон шарики 8 находятся в середине пазов корпуса 3.

Втулка 9 имеет точное отверстие 15 диаметром  $d$  под быстросменный метчикодержатель с корпусом 16, в котором крепится инструмент – машинный метчик. На нижнем торце втулки 9 выполнен поперечный шпоночный паз, в который входят выступы обоймы 18 метчикодержателя (для передачи крутящего момента на обойму). Быструю замену метчикодержателя обеспечивает шариковый фиксатор: втулка с коническим участком 13, пружина 12 и плунжеры-шарики 14. При подъеме втулки 13 вверх шарики выкатываются в расточку и освобождают метчикодержатель.

По ТУ 2–035–975–85 выпускаются пять типоразмеров резьбонарезных патронов [4], рассчитанных на применение метчиков для нарезания метрических резьб от М3 до М42. Патроны комплектуются сменными регулируемыми метчикодержателями (21 типоразмер). Метчико-держатель, конструкция которого показана на рисунке 5.13б, выполняет две функции:

- быстросменного крепления метчиков с цилиндрическими хвостовиками и головкой квадратного сечения для передачи крутящего момента резания;
- регулируемой предохранительной муфты для автоматического отключения вращения инструмента при нарезании резьб «в упор» или при заклинивании метчика.

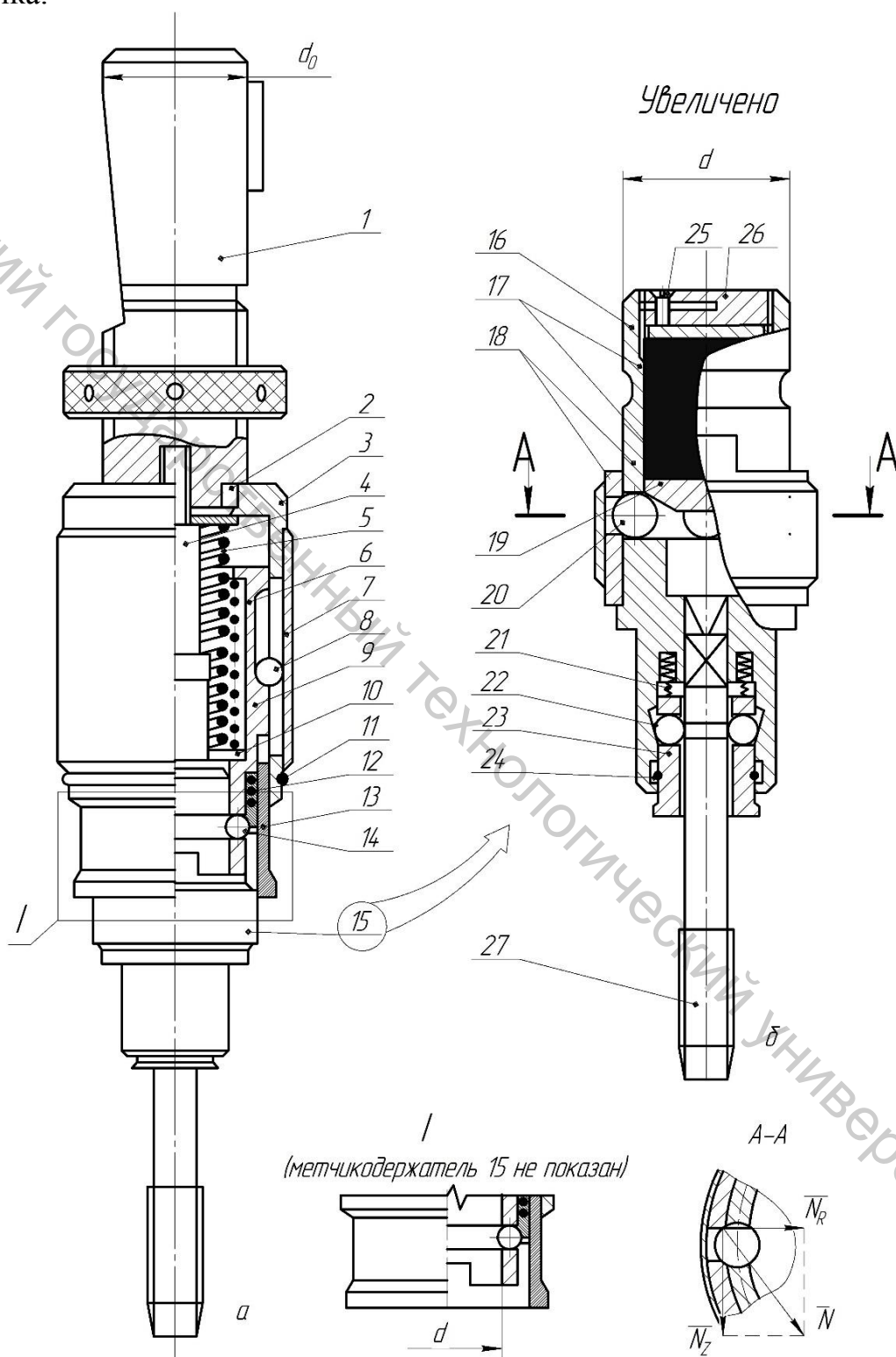


Рисунок 5.13 – Конструкция резьбонарезного компенсирующего патрона по ТУ 2-035-975-85 (а) и регулируемого метчикодержателя (б)

Наружная цилиндрическая поверхность корпуса 16 метчикодержателя является базой для установки в резьбонарезной патрон и имеет кольцевую тороидальную канавку для фиксации шариками 8. В верхней части корпуса 16 выполнена расточка с несколькими радиальными отверстиями под шарики 20, которые поджимаются конической шайбой 19. Усилие поджима создается комплектом полиуретановых упругих элементов 17 с помощью разрезной гайки 26, фиксируемой после регулировки винтом 25. Шарики 20 под действием упругих элементов за счет конического участка шайбы 19 выкатываются в отверстия обоймы 18. Обойма имеет два выступа (шпонки), входящие в пазы втулки 9 патрона и передающие крутящий момент на обойму.

Сечение А-А на рисунке 5.13 поясняет принцип работы метчикодержателя как предохранительной муфты шарикового типа. Согласно физическим законам механики давление  $N$  с обоймы на шарики 20 передается по нормали к поверхности контакта. Это усилие можно разложить на две составляющие: тангенциальную  $N_z$  и радиальную  $N_R$ . Тангенциальная составляющая обеспечивает передачу крутящего момента с обоймы 18 на корпус метчикодержателя 16 для осуществления процесса резания. Радиальные составляющие (от всех шариков, равномерно расположенных по окружности обоймы) уравниваются давлением конической шайбы 19, создаваемым полиуретановыми упругими элементами 17.

Если суммарное радиальное давление превысит уравнивающее давление шайбы, то шарики 20 вдавятся внутрь корпуса 16, приподнимая коническую шайбу 19 и деформируя упругие элементы 17. Произойдет разъединение обоймы 18 с корпусом метчикодержателя 16 и остановка вращения метчика 27. При срабатывании предохранительная муфта издает характерный треск, сигнализирующий о завершении обработки резьбы «в упор» или о заклинивании инструмента.

В нижней части корпуса 16 расположен шариковый зажим метчика, принцип действия которого аналогичен механизму зажима самого метчикодержателя в патроне. Для фиксации шариками 22 во втулке 23, которая находится под воздействием пружин 21 и осевое перемещение которой ограничивается стопорным кольцом 24 и выточкой в корпусе 16, машинные метчики имеют на цилиндрическом участке хвостовика тороидальную канавку. Над механизмом зажима метчика в корпусе 16 метчикодержателя выполнено отверстие квадратного сечения под соответствующий размер головки хвостовика инструмента, которое предназначено для передачи крутящего момента резания.

Быстросменный зажим инструмента допускает работу комплектами метчиков в одном резьбонарезном патроне, то есть смене подлежит не инструмент с патроном в сборе, а только инструменты (метчики комплекта) с их метчикодержателями.

При обработке резьб мерными инструментами на сверлильных, расточных или агрегатных станках назначение величины механической подачи производится исходя из следующих условий:

1. Если резбонарезной компенсирующий патрон работает по схеме опережающего движения метчика, то по паспорту станка выбирается значение подачи на оборот шпинделя, ближайшее меньшее от шага  $p$  резьбы  $S_o < p$  при  $p - S_o = \text{тин}$ .

2. Если резбонарезной компенсирующий патрон работает по схеме запаздывающего движения метчика, то по паспорту станка выбирается значение подачи на оборот шпинделя, ближайшее большее от шага резьбы  $S_o > p$  при  $S_o - p = \text{тин}$ .

3. Для универсальных резбонарезных патронов, способных компенсировать в любом осевом направлении несоответствие подачи шагу резьбы, принимается значение  $S_o$ , абсолютно близкое к величине шага (то есть как менее, так и более шага  $p$ ) по минимальности отклонения  $S_o \approx p \sim \text{тин}$ .

Патроны по ТУ 2-035-975-85 являются универсальными. В случае настройки станка по условию  $S_o < p$  при обработке резьбы метчик вместе с метчикодержателем и втулкой 9 (рис. 49а) выдвигается из корпуса 3, сжимая пружину 6. В другом случае настройки ( $S_o > p$ ) метчик с перечисленными элементами вдвигается в корпус 3, сжимая пружину 5. При этом передающие крутящий момент шарики 8 работают как направляющие качения.

Остановка вращения метчика при обработке резьбы «в упор» или при его заклинивании, то есть при срабатывании предохранительной шариковой муфты, вызывает прекращение осевого движения инструмента, что также компенсируется пружиной 5.

На резбонарезных операциях можно использовать и другие конструкции патронов, например по ГОСТ 8255-86.

Переход 9. Разработка схемы наладки на переход цекования отверстий под головки винтов крепления детали «Полукорпус» не имеет особенностей, за исключением требования проверки (прочерчиванием в масштабе) условия отсутствия интерференции регулируемой втулки, стопорной гайки или шпинделя с обрабатываемой заготовкой, как это показано на рисунке 5.14. При установлении контакта элементов инструментальной оснастки или шпинделя с заготовкой или приспособлением необходимо:

- заменить инструмент или втулку на аналогичные удлиненной серии;
- использовать дополнительный элемент инструментальной оснастки – стандартный или специальный удлинитель.

Все рассмотренные выше примеры проектирования схем наладок рассчитаны на использование вертикально-сверлильного станка, изготавливаемого по специальному заказу со шпинделем, имеющим базы агрегатного типа «К» (рисунки 3.6) под регулируемые втулки и оправки по ГОСТ 26540-85 [28].

Предварительная настройка комплекта втулка – инструмент (оправка – инструмент) на требуемый наладочный размер, определенный при проектировании схемы наладки, обеспечивается регулировочной гайкой с мелкой резьбой.

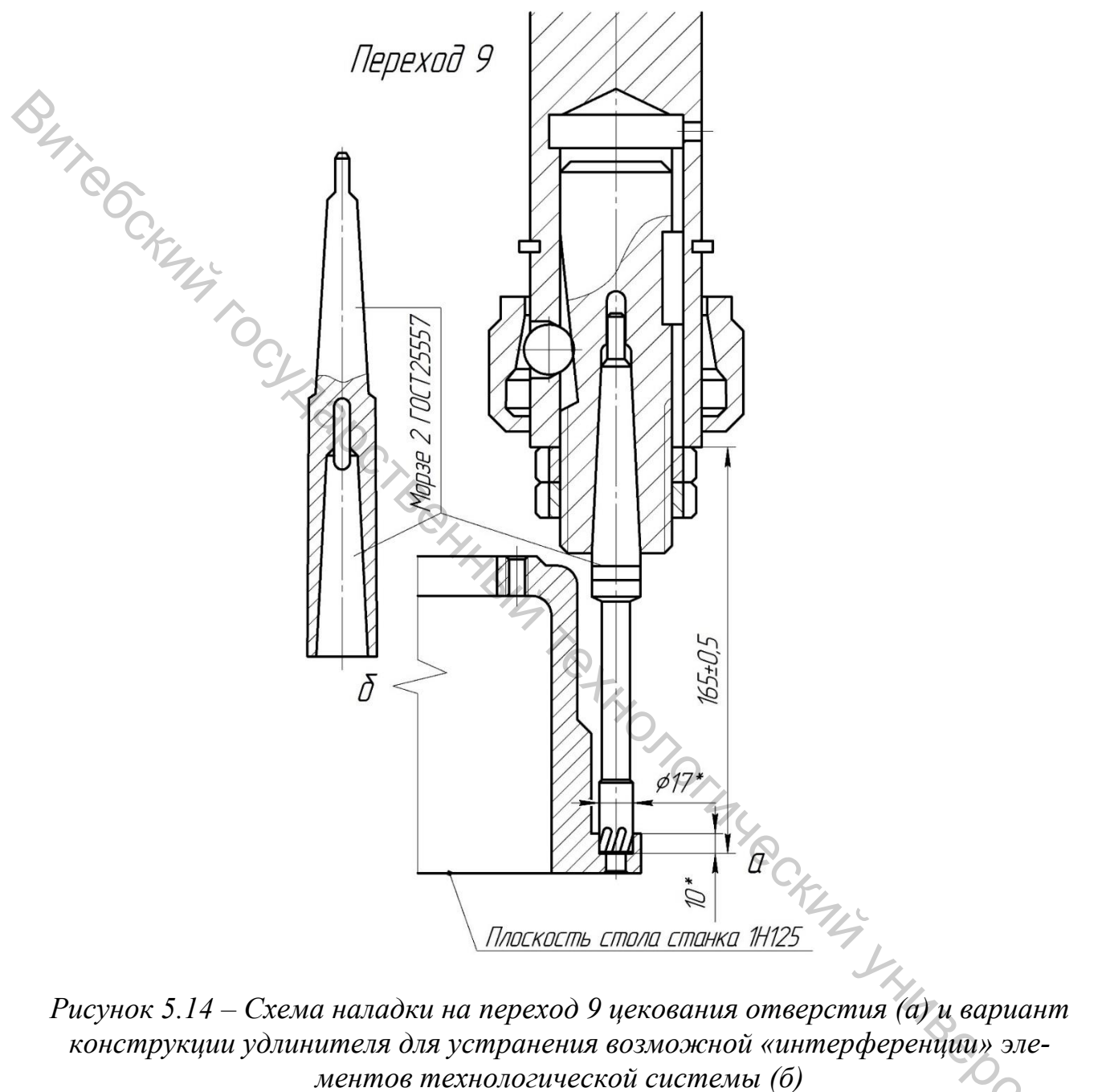


Рисунок 5.14 – Схема наладки на переход 9 цекования отверстия (а) и вариант конструкции удлинителя для устранения возможной «интерференции» элементов технологической системы (б)

Для такой настройки необходимы прибор, имитирующий установку (базирование) регулируемого комплекта в шпинделе станка, и универсальные или специальные средства измерения линейных размеров. Выбор средств измерения обусловлен требуемой точностью настройки, которая обычно не должна превышать 20 % от поля допуска размера обрабатываемой поверхности (в данном случае – линейного размера). При обработке «на проход» точность настройки осевых инструментов типа сверл, зенкеров, разверток, метчиков и

т. п. наименьшая и принимается равной  $\pm 25\%$  величины перебега инструмента, но не более  $\pm 1$  мм. При этом погрешность самих средств измерений не должна быть выше 20 % от поля допуска на настройку инструментов (если точность настройки  $\pm 1$  мм, то метрологическая погрешность средств измерения не более  $\pm 0,2$  мм).

На рисунках 5.15 и 5.16 приведены примеры схем настройки сверла и зенковки. Регулируемая втулка с инструментом устанавливается в имитирующую шпиндель стойку 1 сверху, что не требует крепления самой втулки. Высота стойки 1 постоянна и прибавляется к требуемому наладочному размеру при настройке инструмента.

Так как сверление всех отверстий (кроме центрового) производится «на проход» с перебегом 5 мм, то точность настройки принимается  $\pm 1$  мм, и можно использовать простейшее средство измерения – штангенрейсмас, например, ШР 400 ГОСТ 164–80 с точностью отсчета  $\pm 0,1$  мм и пределом измерения 400 мм (для максимального наладочного размера  $240 \pm 1$  мм инструментального комплекта перехода 6 сверлильной операции и высоте имитирующей стойки 100 мм показание при настройке составит  $340 \pm 1$  мм).

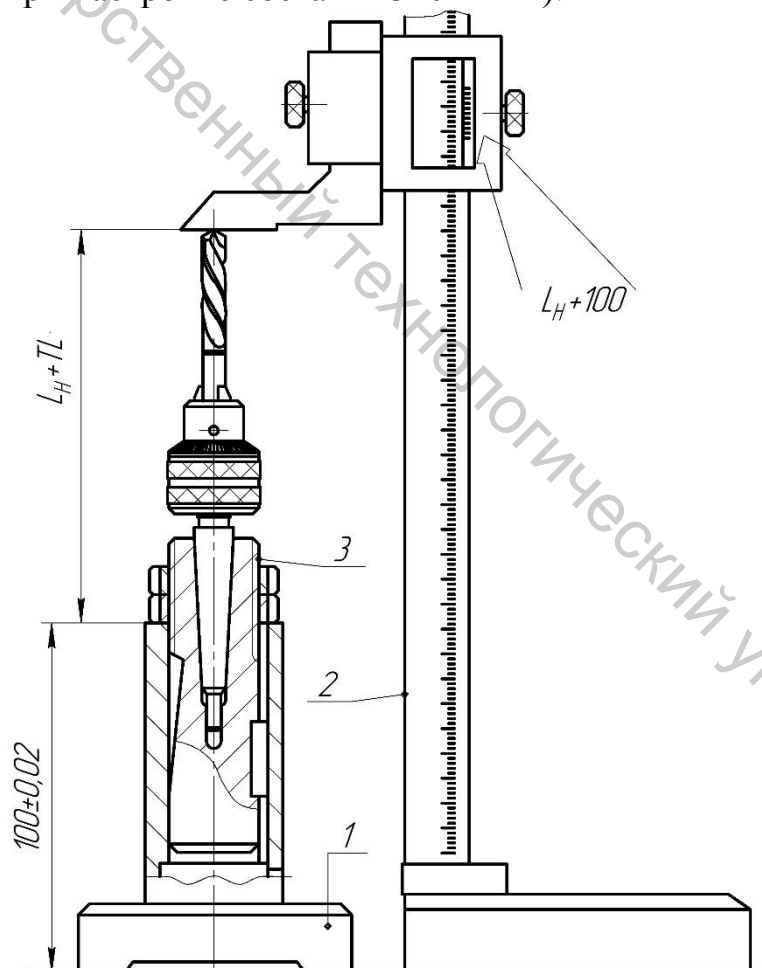


Рисунок 5.15– Схема настройки вне станка сверла на наладочные размеры: 1 – стойка, имитирующая шпиндель; 2 – штангенрейсмас; 3 – регулируемая втулка

Измерительная база наладочного размера зенковки (рисунок 5.10) является неявной – вершина конической режущей части. Чтобы «материализовать» эту неявную базу, использован специальный проставок, прибавляющий к наладочному размеру по схеме наладки 5 мм (рисунок 5.16). Точность настройки инструмента принята  $\pm 0,2$  мм и по условию допустимой метрологической погрешности штангенрейсмас как средство измерения неприемлем. Для настройки зенковки целесообразно использовать индикаторную винтовую стойку 5 с индикатором часового типа 3, метрологическая точность которого  $\pm 0,01$  мм. Настройка (калибровка) самого измерительного прибора производится с помощью набора мерных плиток 2.

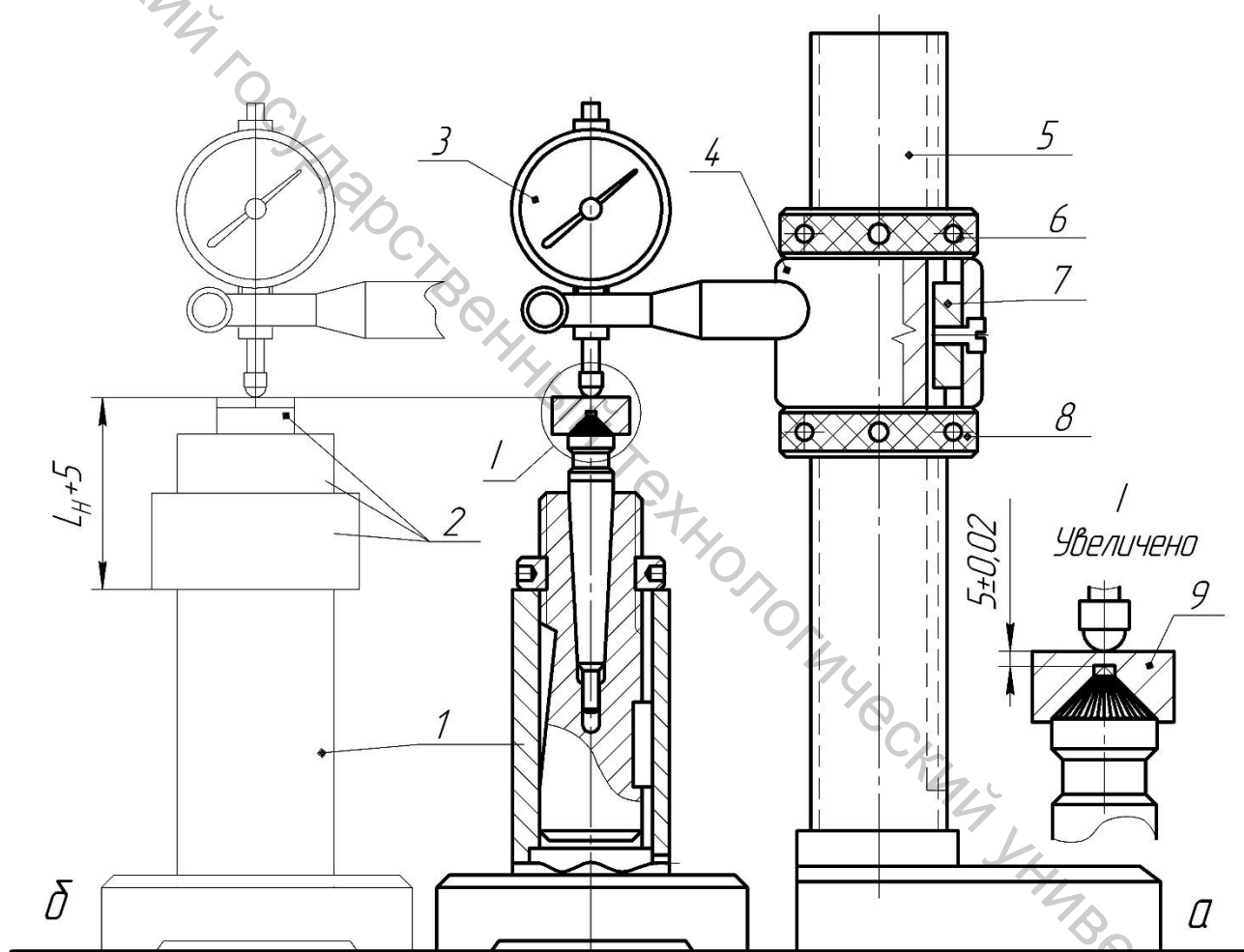


Рисунок 5.16 – Схемы настройки вне станка зенковки (а) и калибровки средств измерения (б): 1 – стойка, имитирующая шпиндель; 2 – мерные плитки; 3 – индикатор часового типа; 4 – кронштейн индикатора; 5 – стойка индикаторная; 6 и 8 – калибровочные гайки стойки; 7 – шпонка; 9 – проставок-база

После калибровки шкала индикатора 3 устанавливается на нулевую отметку и производится настройка инструментов. Зенковка с регулируемой втулкой в сборе базируется в стойке 1. На коническую режущую часть инструмента

устанавливается проставок-база 9. Первоначально вывинчиванием регулировочной гайки втулки измерительная поверхность проставка-базы визуально опускается ниже измерительного наконечника индикатора. После этого стойка 1 с настраиваемым комплектом подводится под наконечник индикатора (приблизительно до совмещения осей) и ввинчиванием регулировочной гайки втулка с инструментом выдвигается до показания индикатора, равного нулю, то есть до наладочного размера  $L_n$  от неясной измерительной базы – вершины конуса режущей части зенковки. Завершающим действием настройки является фиксация регулировочной гайки поперечным стопорным винтом.

#### **5.4.3 Проектирование схем наладок сверлильных станков с базами шпинделя по ГОСТ25557–2006 (тип «G»)**

Схемы наладок универсальных сверлильных станков с базами шпинделя под хвостовики в виде конуса Морзе с «лапкой» для выполнения рассматриваемой операции (п. 5.1.3) отличаются только двумя элементами инструментальной оснастки:

- используются переходные втулки по ГОСТ 13598 [27] вместо регулируемых втулок с наружной цилиндрической базой;
- применяется модернизированный резьбонарезной патрон, в котором закреплен хвостовик, имеющий базу конус Морзе (рисунок 5.17 переход 8).

В остальных схемах наладок более просты, так как на них отсутствуют элементы регулировки комплектов инструмент – оснастка вне станка. Отсутствие возможности предварительной настройки инструмента несколько снижает производительность обработки в условиях серийного производства, особенно на переходах обработки поверхностей с точными линейными размерами. На переходах, выполняемых «на проход», этот недостаток практически не сказывается.

Фрагменты схем наладок на переходы 2, 4, 8 и 9 приведены на рисунке 5.17 (остальное, в том числе циклограммы, см. рис. 5.9, 5.10, 5.12, 5.14). Следует обратить внимание на схему наладки перехода 8: модернизация (доработка) резьбонарезного патрона по ТУ 2–035–975–85 заключается в замене хвостовика на конус Морзе 4 с «лапкой» по ГОСТ 25557, соответствующий вспомогательной базе шпинделя станка 2Н125. Поэтому и запись в технологической документации на операцию (операционной карте) должна иметь один из вариантов:

- Если на весь модернизированный патрон выполнен сборочный чертеж, поясняющий принцип сборки с новым хвостовиком, то указывается номер этого чертежа, например (обозначение чертежа условное):

Патрон резьбонарезной ПР04.00. 000.

- Если сборочный чертеж не выполнялся, то обязателен чертеж сменной детали - хвостовика, по которому он изготавливается. Тогда запись будет иметь вид:

Патрон резьбонарезной 191221029А ТУ 2–035–975–85;  
Хвостовик ПР05.00. 000.

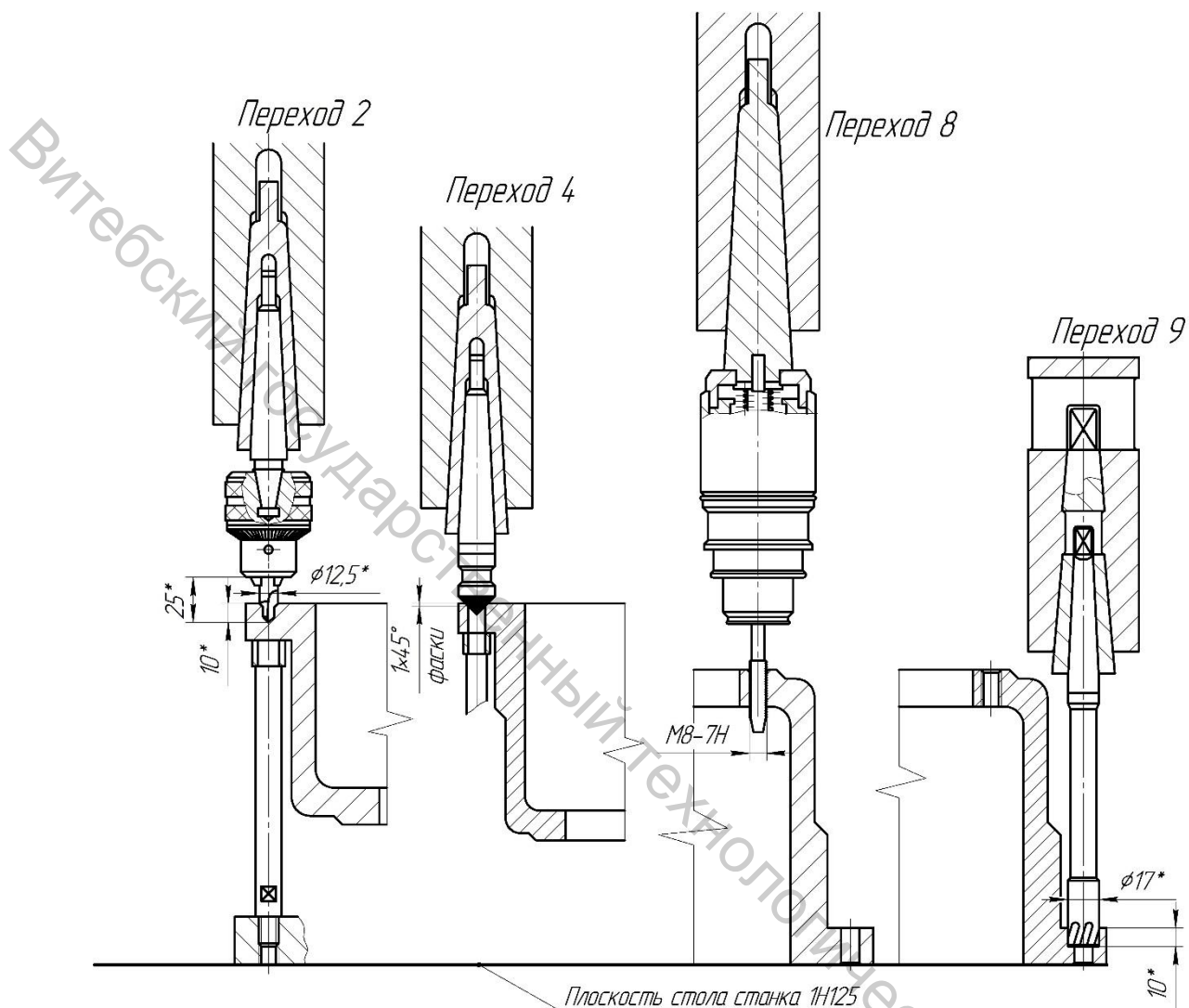


Рисунок 5.17 – Фрагменты схем наладок на сверлильную операцию, выполняемую на вертикально-сверлильном станке типа 2Н135 с инструментальными базами в шпинделе в виде конуса Морзе по ГОСТ25557

Можно ли обеспечить преимущества быстросменной оснастки с базами «агрегатного» типа по ГОСТ 13876 (тип «К» по рисунку 3.6) в вертикально-сверлильных станках, имеющих вспомогательные базы в виде конуса Морзе? Да, возможно за счет применения специального «переходника», конструкция которого показана на рисунке 5.18 применительно к переходу 3 примера сверлильной операции. Его применение имеет определенные ограничения, требующие проверки при проектировании схемы наладки:

- достаточности высотного размера рабочего пространства станка, так как «переходник» фактически удлиняет шпиндель;
- возможности обеспечения заданной чертежом точности обработки, так

как увеличение вылета инструмента (вместе с элементами оснастки) снижает жесткость технологической системы и увеличивает биение режущих кромок инструмента;

- эффективности осевого самоторможения хвостовика в шпинделе станка для начального удержания комплекта инструмент – оснастка со значительно большей массой (см. п. 3.3.2 и рисунок 3.7). Такая проверка не требуется в случае, если переходник применяется на тяжелых и некоторых средних сверлильных станках вертикальной компоновки с клиновым креплением оправок и втулок (см. также рисунок 3.8).

## **5.5 Проектирования наладок на шлифовальные операции**

### **5.5.1 Особенности оборудования и способы шлифования различных поверхностей заготовок**

Шлифование является одним из распространенных способов чистовой и отделочной (финишной) обработки деталей машиностроения. Из всего разнообразия технологических разновидностей способов шлифования наибольший удельный вес приходится на круглое (наружное, внутреннее) и плоское шлифование.

Для шлифования поверхностей деталей класса тел вращения предназначены станки:

- круглошлифовальные для обработки наружных цилиндрических и конических поверхностей (валов);

- универсальные круглошлифовальные для обработки как наружных, так и внутренних цилиндрических, конических и торцовых поверхностей (валов, втулок);

- внутришлифовальные для обработки цилиндрических и конических отверстий (втулок).

Основные отличия универсальных круглошлифовальных станков от просто круглошлифовальных заключаются:

- в установке двух инструментальных рабочих органов: шлифовального и внутришлифовального шпинделей соответственно для обработки наружных и внутренних поверхностей, при этом бабка внутришлифовального шпинделя установлена на основной шлифовальной бабке и выполнена поворотной (откидной) для перевода в рабочее или нерабочее положение;

- в возможности поворота поперечных салазок шлифовальной бабки на определенный угол относительно оси шпинделя передней бабки (заготовки), что позволяет производить торцовое шлифование периферией круга, а также врезное шлифование одновременно цилиндрической и торцовой или конической поверхностей.

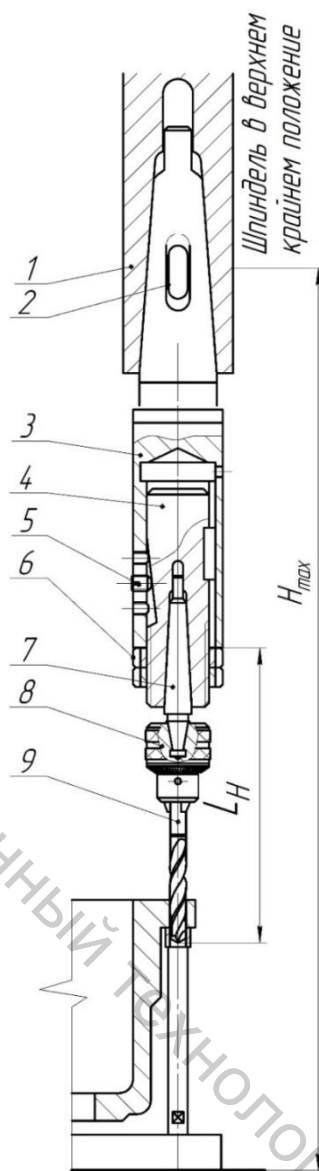


Рисунок 5.18 – Переходник для регулируемых втулок с наружной цилиндрической базой: 1 – шпиндель; 2 – клин крепления хвостовиков (средние и тяжелые сверлильные станки); 3 – переходник; 4 – втулка регулируемая короткая по ТУ 2–035–768–80; 5 – винт крепления втулки; 6 – гайка регулировочная; 7 – хвостовик патрона; 8 – патрон сверлильный; 9 – сверло

Технологические возможности любого металлорежущего станка определяются видами и комбинациями движений, которые могут совершать рабочие органы заготовки и инструмента. На рисунке 5.19 представлена схема компоновки универсального круглошлифовального станка с указанием видов относительных движений, совершаемых его узлами. В рамках стрелками показаны виды линейных или угловых движений, совершаемых узлом станка, на который указывает линия с точкой, относительно «базового» узла, на который указывает линия с перекрестием. Если совершаемое относительное движение не является рабочим, то в рамке приводится буквенный индекс Н (наладочное) или Б (базирующее).

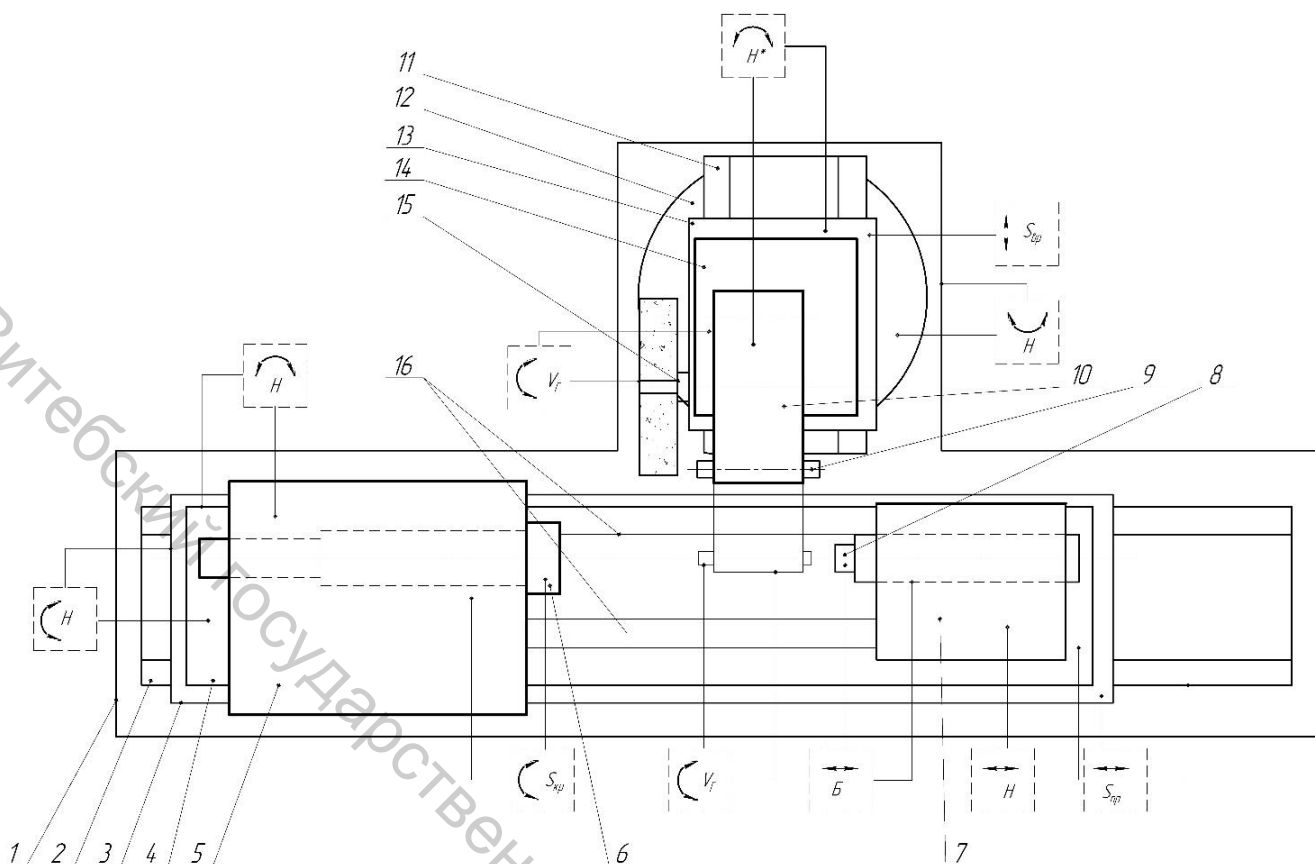


Рисунок 5.19 – Схема компоновки и относительных движений узлов универсального круглошлифовального станка: 1 – станина; 2 – продольные направляющие станины; 3 – продольная каретка; 4 – стол; 5 – передняя бабка (изделия); 6 – шпиндель изделия (заготовки); 7 – задняя бабка; 8 – пиноль задней бабки; 9 – внутришлифовальный шпиндель; 10 – внутришлифовальная бабка (поворотная); 11 – поперечные салазки; 12 – поворотный стол; 13 – поперечная каретка; 14 – шлифовальная бабка; 15 – шлифовальный шпиндель; 16 – направляющие стола; H – наладочное относительное движение; H\* – то же в вертикальной плоскости; Б – базисуемое движение, остальные движения – рабочие

Например, стол 4 станка имеет возможность наладочного поворота относительно продольной каретки 3 при настройке на обработку конусов (в пределах  $\pm 5 \dots \pm 10^\circ$ ), а сама каретка 3 совершает рабочее движение продольной подачи относительно направляющих 2 станины. Пиноль 8 имеет линейное базисуемое движение относительно задней бабки 7. Внутришлифовальная бабка 10 поворачивается в вертикальной плоскости (наладочное движение H\*) относительно шлифовальной бабки 13, на которой она установлена, для перевода внутришлифовального шпинделя 9 в рабочее положение (на линию центров) и обратно.

В некоторых моделях универсальных круглошлифовальных станков может разворачиваться и передняя бабка 5 относительно стола 4 для возможности обработки наружных и внутренних конических поверхностей с большой конусностью (что не возможно за счет поворота стола). Шлифовальная бабка 14

установлена на поперечной каретке 13, направляющие (салазки) 11 которой могут быть развернуты на достаточно большие углы (от  $\pm 30$  до  $\pm 90^\circ$ ) поворотом стола 12. При этом подача врезания ( $S_{вр}$ ) также будет осуществляться под установленным углом к оси центров станка.

В круглошлифовальных станках в отличие от универсальных отсутствуют, как отмечалось выше, внутришлифовальная бабка и возможность наладочного поворота салазок шлифовальной бабки.

### **5.5.2 Проектирование наладок на операцию шлифования заготовки детали класса «Втулка»**

Рассмотрим пример обработки на универсальном круглошлифовальном станке детали «Втулка», эскиз которой и технологический маршрут операции приведены на рисунке 5.20.

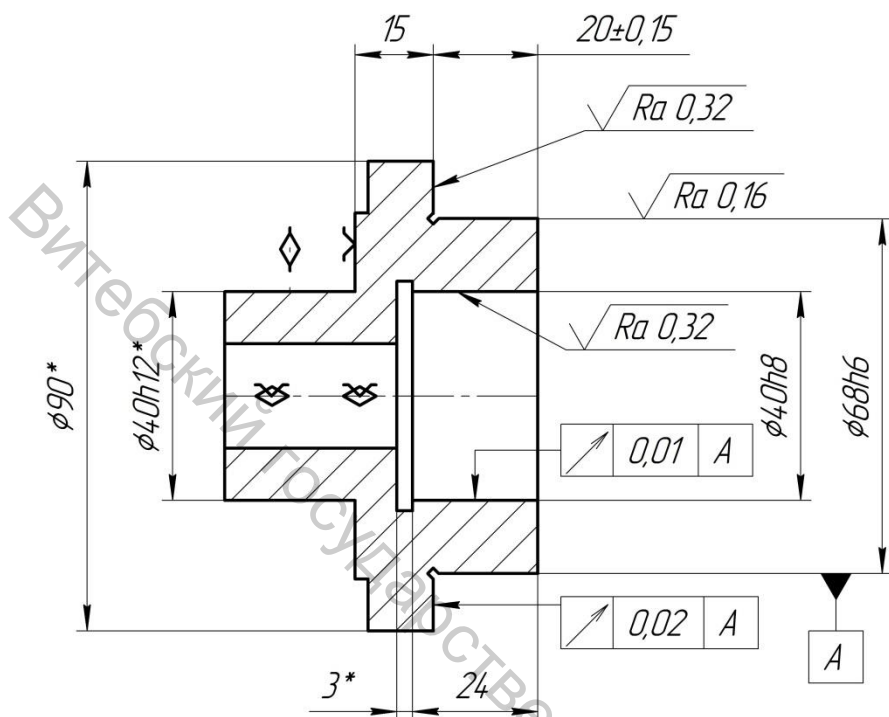
По техническим требованиям эскиза заготовки детали внутренняя цилиндрическая поверхность и наружный торец буртика имеют регламентированные биения относительно наружного цилиндра, что может быть обеспечено при обработке всех этих поверхностей за один установ. Выбор способа обработки – шлифования – обусловлен требованиями по качеству поверхностей (шероховатости) и достаточно высокой твердостью заготовки (42...48 HRC).

Как уже отмечалось в предыдущих примерах, проектирование технологических операций, в том числе наладок, является многовариантным процессом, зависящим от выбора модели станка, инструментов и элементов оснастки. Для еще одного подтверждения этого рассмотрим различия в схемах наладок на станках мод. 3В110 и 3У12.

Схема базирования заготовки, показанная на рисунке 5.20, соответствует обработке в патронах или цангах. Выбор цангового приспособления, обеспечивающего более высокую точность базирования, рационален в случае отдельного шлифования наружных и внутренней поверхностей (на разных операциях), а также при условии недопущения следов закрепления на высококачественных базовых поверхностях или зажиме заготовки за тонкостенный участок втулки. При отсутствии подобных условий рационален выбор более универсального приспособления – самоцентрирующего трехлапчатого патрона, например, высокой точности, типа 2, исполнения 1, диаметром 125 мм.

Патрон 7100–0025 В ГОСТ2675–80

## Операционный эскиз заготовки детали «Втулка»



\*Размеры для справок

### Маршрут обработки

1. Установить заготовку, закрепить.
2. Шлифовать наружный цилиндр  $\phi 86h6$  и торец буртика последовательно.
3. Установить внутришлифовальный шпиндель в рабочее положение.
4. Шлифовать отверстие  $\phi 40H8$  в три прохода.
5. Установить внутришлифовальный шпиндель в нерабочее положение. Раскрепить и снять деталь.

### Технологическая оснастка

Станок мод. 3В110	Станок мод. 3У12
Круг ПП200×32×76-20А СМ-5К ГОСТ 2424-83	Круг ПП200×32×76-20А СМ-5К ГОСТ 2424-83
Круг ЧЦ32×25×13 СМ-12К ГОСТ 2424-83	Круг ЧЦ32×25×13 СМ-12К ГОСТ 2424-83
Патрон трехлопастный 71000025В ГОСТ 267580	Патрон трехлопастный 71000025В ГОСТ 267580
Фланцы переходные (при станке) под круг с $D=76$ мм.	Фланцы переходные (при станке) под круг с $D=76$ мм.
Оправка переходная (при станке) под круг с мм.	Оправка переходная (при станке) под круг с мм.
Оправка переходная ВИ01.00.000	Оправка переходная ВИ01.00.000 или Втулка переходная ВИ03.00.000 Оправка переходная ВИ04.00.000

Рисунок 5.20 – Операционный эскиз заготовки детали «Втулка», маршрут обработки и технологическое оснащение круглошлифовальной операции (материал детали – сталь 40Х, 42...48 HRC)

Для установки патрона требуется специальный переходник, согласующий базы шпинделя изделия и патрона. Именно конструкция этого переходника и

будет основным отличием в схемах наладок операции на станках модели 3В110 и 3У12, имеющих различные вспомогательные базы шпинделей изделия:

- в станке 3В110 эта база конус Морзе 3 ГОСТ 25557–2006 и на схеме наладки (рисунок 5.19) для крепления патрона использована специальная переходная оправка (условный индекс чертежа ВИ01.00.000);

- в станке 3У12 вспомогательная база предназначена для установки цанг с максимальным диаметром закрепляемой поверхности 30 мм, то есть использование схемы цангового базирования без изготовления специального приспособления в данном случае невозможно. Поэтому варианты крепления трехкулачкового патрона в станке данной модели приведены на рисунке 5.20 (см. также рисунок 2.12).

Для установки шлифовального круга формы ПП (прямой плоский) в основной инструментальный шпиндель обеих моделей станков использованы стандартные переходные фланцы со вспомогательной цилиндрической базой 76 мм (см. п. 3.3.5), а для крепления на внутришлифовальном шпинделе круга формы ЧЦ (чашечный цилиндрический) – переходная оправка с базовым цилиндром 13 мм и винтовым креплением круга. Переходные фланцы и оправки, как правило, поставляются со станком.

Варианты наладок станков модели 3В110 и 3У12 на круглошлифовальную операцию обработку заготовки детали «Втулка» показаны на рисунках 5.21 и 5.22 соответственно.

### **5.5.3 Проектирование наладок на круглошлифовальную операцию заготовки детали класса «Вал»**

При обработке шлифованием заготовок деталей класса «Вал» традиционно применяется схема базирования в неподвижных центрах, которая обеспечивает минимальную погрешность базирования (отсутствует составляющая, обусловленная биением вращающихся центров). Использование центральной схемы базирования предопределило конструкцию шпиндельного узла передней бабки круглошлифовальных (не универсальных круглошлифовальных) станков, что отражено в п. 2.2.1.

В качестве примера рассмотрим принцип проектирования схемы наладки на операцию круглого шлифования заготовки детали «Вал», показанной на эскизе (рисунок 5.23). Станок – круглошлифовальный повышенной точности модели 3М153П.

По техническим характеристикам станка однозначно определен типоразмер шлифовального круга: прямой плоский (ПП)  $\varnothing 500 \times 50 \times \varnothing 203$  мм с возможностью уменьшения наружного диаметра после правок до 350 мм. Соответственно шпиндель шлифовальной бабки оснащен стандартными переходными фланцами со вспомогательной базой 203 мм.

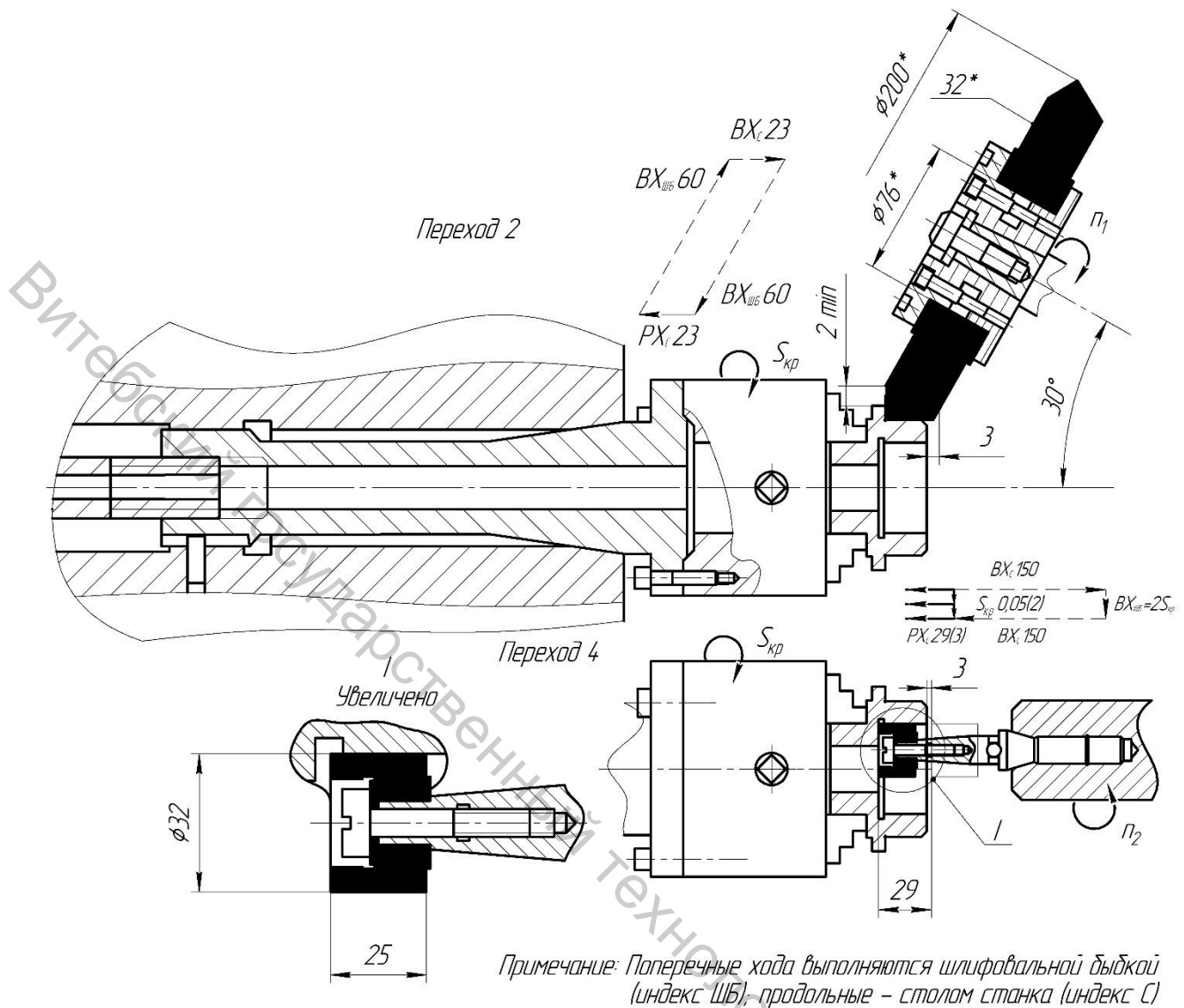


Рисунок 5.21 – Схемы наладок универсального круглошлифовального станка 3В110 на операцию обработки детали «Втулка»

Передняя бабка имеет неподвижную втулку с высокоточным отверстием – конусом Морзе 4. Точно такую же базу в станке 3М153П имеет пиноль задней бабки. В них установлены соответствующего типоразмера центры для шлифовальных работ, конструкции которых приведены в таблице 5.1.

Центры с отжимной гайкой используют в качестве переднего базировочного центра в шпиндельном узле передней бабки, так как в этом узле отсутствует устройство (упор) для выталкивания центра. При обработке валов в неподвижных центрах передний центр постоянно поджат через заготовку задним центром и его крепление во втулке шпиндельного узла не производится, а съем (выпрессовка) осуществляется гайкой.

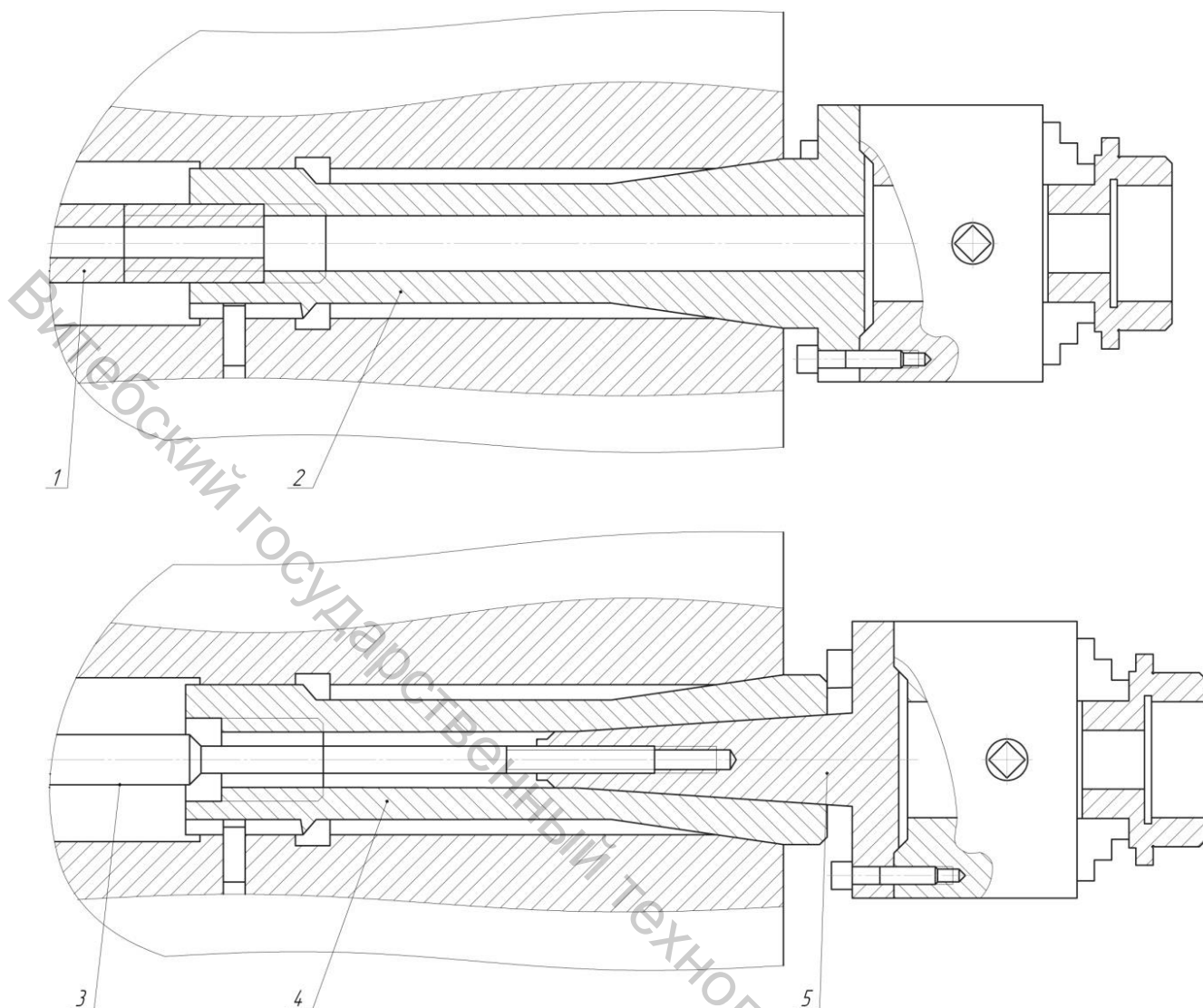
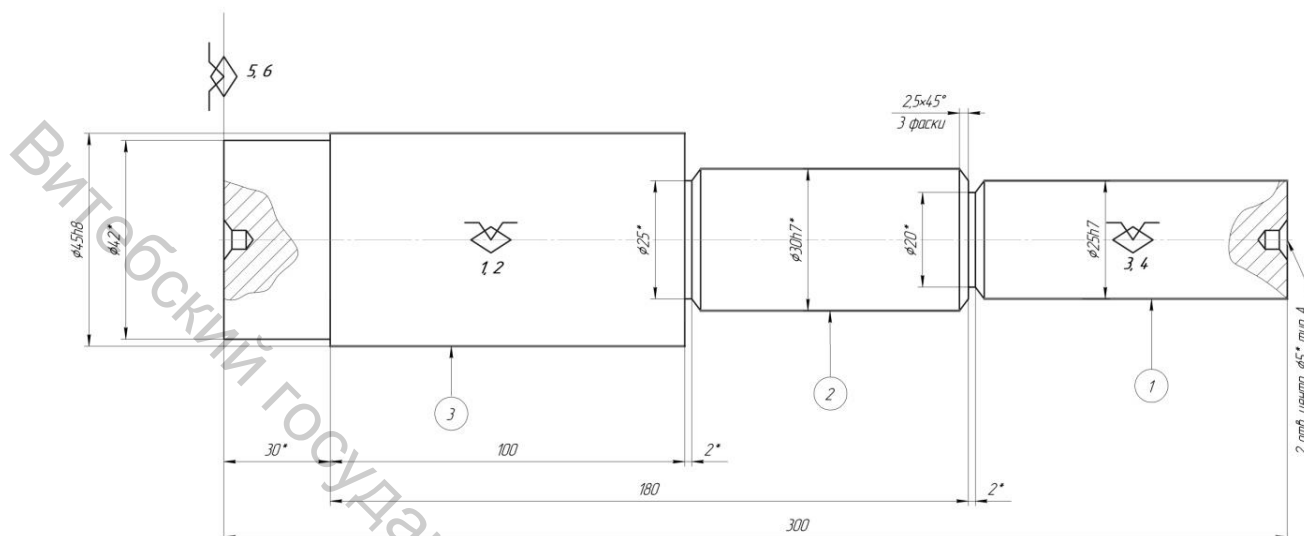


Рисунок 5.22 – Примеры базирования и закрепления патрона на шпинделе станка 3У12 (остальное в схеме наладки см. рисунок 57): 1,3 – тяги крепления; 2 – оправка переходная ВИ02.00.000; 4 – втулка переходная ВИ03. 00. 000; 5 – оправка переходная ВИ04.00.000

Срезанные центры применяются в качестве базирующих элементов оснастки при круглом шлифовании ближайшей к этому центру ступени вала, диаметр которой меньше диаметра самого центра. В этом случае срез центра обращен в сторону шлифовального круга. Задняя бабка имеет специальный упор для выталкивания центра при отводе пиноли, показанный на рисунке 2.9 (см. п. 2.2.1).

## Операционный эскиз заготовки детали «Вал»

$\sqrt{Ra\ 0,32(\sqrt{1})}$



### Маршрут обработки

1. Установить кольцо технологическое на заготовку, установить и закрепить хомутик. Установить заготовку и поджать центром.
2. Шлифовать цилиндр 1.
3. Шлифовать цилиндр 2.
4. Шлифовать цилиндр 3.
5. Отвести центр и снять заготовку. Раскрепить и снять хомутик, снять кольцо технологическое

### Инструмент и технологическая оснастка

Круг ПП 500 x50x203; ;20А СМ-5-К ГОСТ2424-83.

Фланцы переходные (при станке) под круг  $d = 203$  мм.

Центр 70320110 Морзе 4 ПТ ВК8 ГОСТ257579.

Полуцентр 70320079 Морзе 4 ПТ ГОСТ257679.

Хомутик 7107-0067 ГОСТ 16488-70.

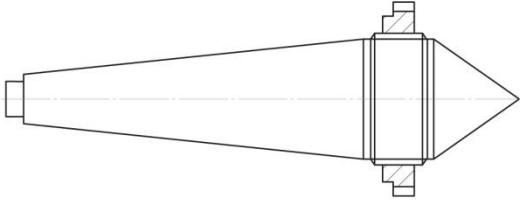

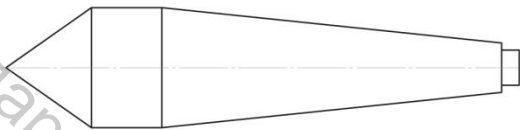
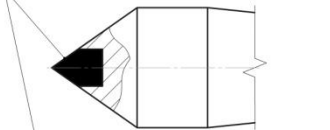
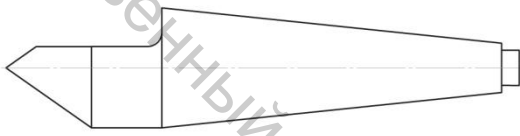
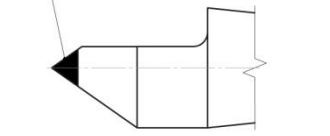
Кольцо технологическое ВИ01.00.000.

Рисунок 5.23 – Исходные данные для проектирования схемы наладки на операцию круглого шлифования детали «Вал»

Все центры для шлифовальных работ, приведенные в таблице 5.1, имеют базы в виде конуса Морзе нормальной или повышенной точности (в последнем случае в обозначении центра присутствует индекс ПТ). Некоторые модели круглошлифовальных и других типов станков могут иметь в шпинделе передней бабки (изделия) базу в форме конического отверстия с конусностью 1:10 или 1:7. Для них предусмотрены конструкции упорных центров по ГОСТ 18259

и упорных центров с отжимной гайкой по ГОСТ 18260 (полуцентры с такой конусностью не стандартизованы).

Таблица 5.1 – Конструкции центров для шлифовальных работ

	Исполнение 1 (стальные)	Исполнение 2 (твердосплавные)
<p>Центр упорный с отжимной гайкой ГОСТ 2575</p>		
<p>Центр упорный ГОСТ 13214</p>		
<p>Центр срезанный (полуцентр) ГОСТ 2576</p>		

Центры с твердосплавными вставками обладают более высокой износостойкостью, но восстановление их базировочной конической поверхности возможно только на специализированных заточных станках, в то время как стальные центры можно прошлифовать непосредственно на круглошлифовальном станке в поставляемом по специальному заказу приспособлении.

Так как втулка шпиндельного узла с передним центром неподвижна, то вращение (движение круговой подачи) на заготовку передается планшайбой передней бабки, на которой закрепляются различные по конструкции поводковые устройства. Типовым устройством является диск с радиальным Т-образным пазом, в котором закрепляется палец. На заготовке фиксируется винтом специальный или стандартный хомутик, например по ГОСТ 16488, как это показано на рисунке 5.24.

При установке заготовки палец поводкового устройства размещается в пазу хомутика (хотя для нормальной работы достаточно воздействие пальца на боковую поверхность выступа хомутика). Положение пальца поводкового устройства можно регулировать перемещением по Т-образному пазу в зависимости от типоразмера хомутика, который, в свою очередь, выбирается по размеру поверхности заготовки.

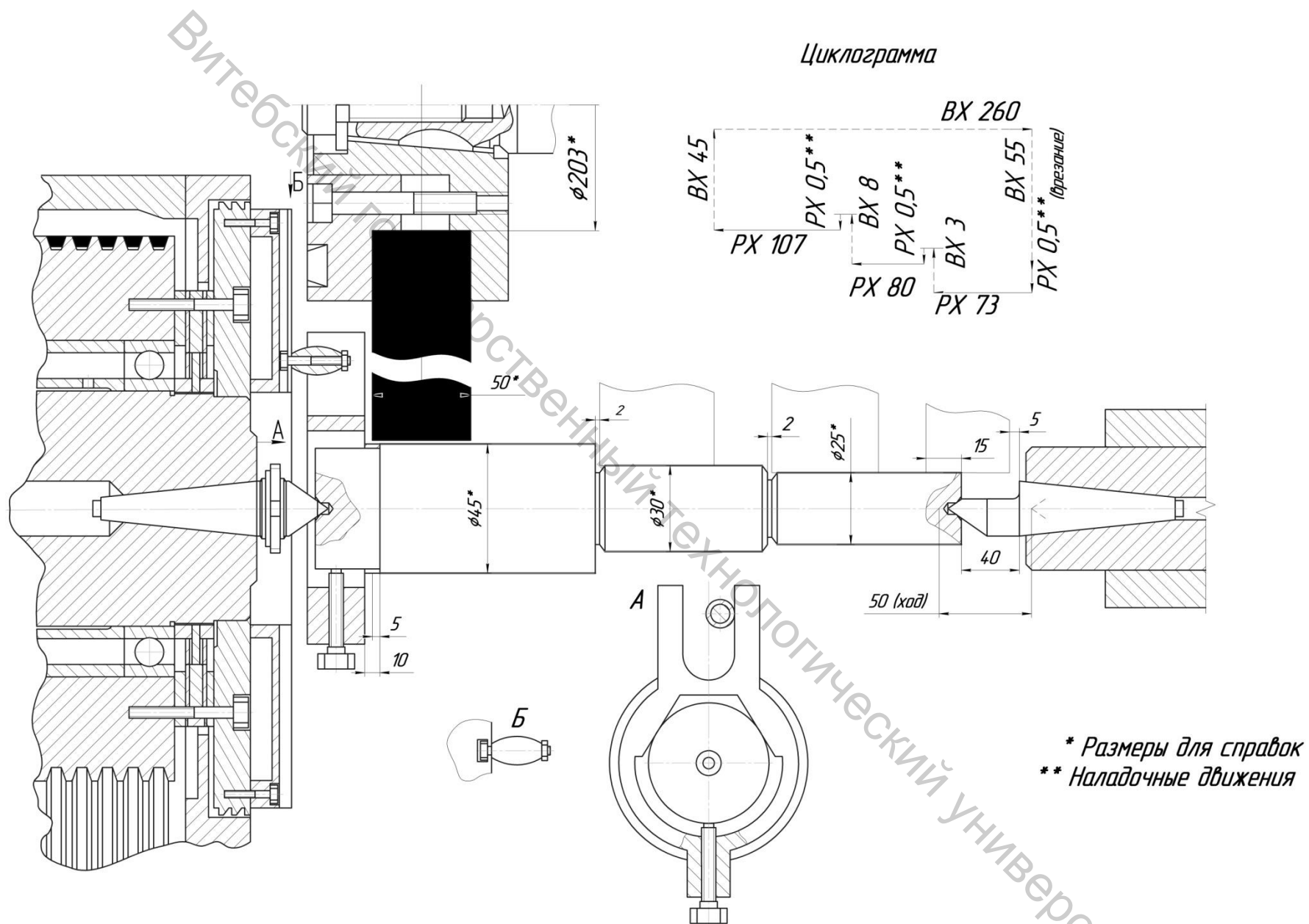


Рисунок 5.24 – Схема наладки станка ЗМ153П на операцию круглого шлифования заготовки детали «Вал»

Анализ наладки с целью проверки возможных интерференций элементов технологической системы показывает две опасные ситуации:

- в начальный момент обработки, когда производится подвод шлифовального круга к первой ступени вала и возможен контакт с задним центром;
- в конечном положении инструмента при завершении обработки последней ступени вала, когда возможен контакт с хомутиком.

Для предотвращения первой интерференции применена комбинированная схема обработки первой ступени вала: врезное шлифование участка длиной 15 мм с последующим продольным шлифованием, что отражено на технологической циклограмме.

Для устранения второй опасной ситуации необходимо более точно фиксировать осевое положение хомутика на обрабатываемых заготовках. Для этой цели при установке хомутика применено технологическое кольцо толщиной 10 мм.

Следует обратить внимание на особенности циклограммы – наличие наладочных рабочих движений перед обработкой каждой ступени вала. Перед обработкой первой ступени осуществляется наладочное движение врезания, сопровождаемое резанием и обусловленное принятой комбинированной схемой шлифования, устраняющей интерференцию круга и заднего центра.

Перед шлифованием последующих ступеней это наладочное движение не сопровождается резанием и направлено противоположно вспомогательному ходу, что призвано обеспечить стабильность размеров обрабатываемых поверхностей за счет создания натяга в приводе поперечной подачи станка (при точной обработке наладочное движение всегда должно осуществляться к обрабатываемой поверхности). Такая схема наладочных движений в технологической циклограмме имеет место при последовательном шлифовании поверхностей от меньшего диаметра к большему. При обратной последовательности шлифования ступеней – от большего диаметра к меньшему – наладочное движение (настойка по лимбу на размер) выполняется в конце вспомогательного хода без его реверса (аналогично первому наладочному движению врезания на циклограмме).

#### **5.5.4 Проектирование наладки на плоскошлифовальную операцию**

Крепление шлифовальных кругов на плоскошлифовальных станках аналогично креплению инструмента в круглошлифовальном оборудовании, поэтому этот аспект проектирования схемы наладки в примере не рассматривается.

Рабочий орган заготовки плоскошлифовального станка – стол – имеет базы по схеме 14 (рисунок 2.2), аналогичные столам фрезерных и расточных станков. Заготовки базируются и закрепляются на столе станка различными способами: непосредственно на плоскости стола с продольной ориентацией по его Т-образным пазам и креплением прихватами; в тисках; на магнитных плитах и в специальных приспособлениях.

Наиболее характерным и часто применяемым при плоском шлифовании приспособлением являются стандартные магнитные плиты, в которых для закрепления ферромагнитных заготовок на плоскости используются силы магнитных полей, создаваемых электромагнитами или постоянными магнитами.

Магнитные плиты с постоянными магнитами по ГОСТ 16528–87 имеют размерный ряд рабочей (базовой) поверхности от 100x250 до 320x1000 мм и отличаются высокой надежностью и экономичностью, так как не требуют дополнительной электроэнергии.

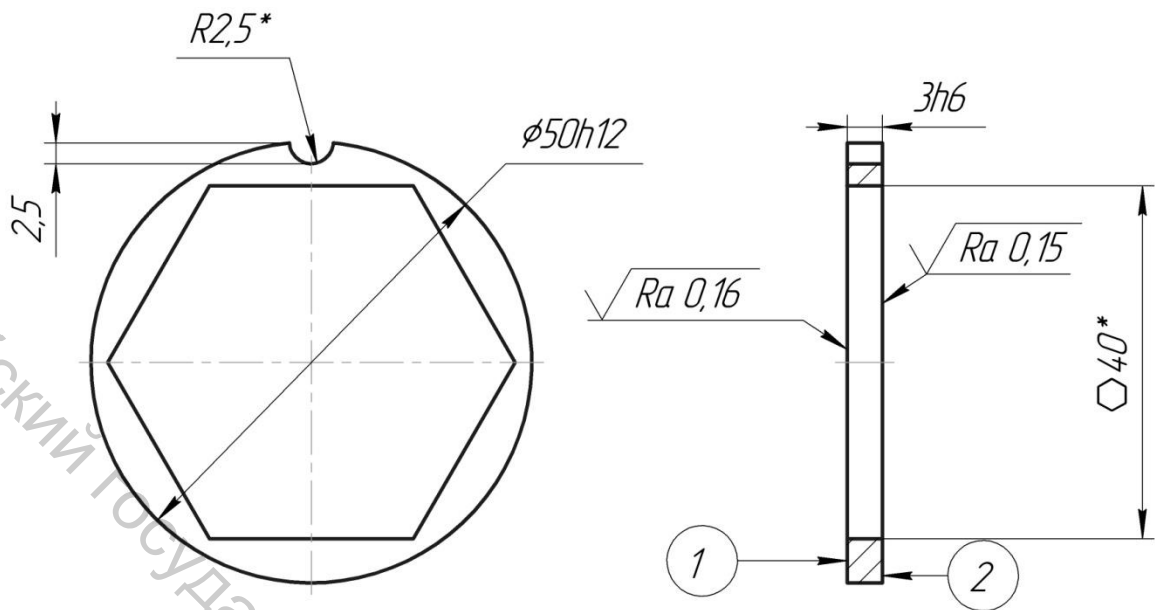
В большинстве случаев заготовки базируются и закрепляются непосредственно на рабочей поверхности магнитных плит. Однако следует иметь в виду, что надежность закрепления в значительной степени зависит от шероховатости и отклонений формы базовой (опорной) поверхности заготовки, а также от ее площади. При малой площади опорной базы заготовку необходимо дополнительно фиксировать от возможного линейного или кругового смещений под действием силы резания.

В качестве примера рассмотрим операцию плоского шлифования заготовки детали «Кольцо» (рисунок 5.25), которая отличается относительно малой площадью опорной базы. К тому же обрабатываемая заготовка является телом вращения и при недостаточности магнитных сил зажима способна провернуться даже при использовании дополнительных упоров, которыми со всех сторон можно обложить заготовку (шлифованными пластинами меньшей, чем заготовка, толщины). В таких ситуациях используются приспособления, называемые сепараторами. Сепаратор конкретно для обработки данной детали, учитывая ее относительно небольшие габариты, выполнен 10-местным и представляет собой шлифованную пластину с отверстиями, в которых имеется выступ, фиксирующий заготовку по пазу от проворота.

При выполнении плоскошлифовальных операций с применением магнитных плит возникает необходимость в дополнительных вспомогательных действиях оператора (рабочего). Обработанные детали, сепаратор, поверхность самой магнитной плиты обладают остаточной намагниченностью, что требует их постоянной очистки от образующегося в процессе шлифования шлама (смеси мельчайшей стружки и продуктов износа круга). Как правило, очистка выполняется протиркой (отсос вакуумными или эжекторными устройствами оказывается малоэффективным). Все это отражено в описании вспомогательных переходов маршрута обработки на рисунке 5.25.

С учетом изложенных особенностей проектирования технологических операций плоского шлифования разработан вариант схемы наладки станка модели 3Е711 на обработку заготовки детали «Кольцо» с применением магнитной плиты с постоянными магнитами и многоместного сепаратора. Эскиз схемы наладки на рисунке 5.26 достаточно наглядно отражает все вышеизложенные принципы технологического проектирования. На схеме приведена технологическая циклограмма, поясняющая характер движений рабочих органов плоскошлифовального станка при обработке.

## Операционный эскиз детали «Кольцо».



\* Размеры для справок  
Маршрут обработки

Протереть поверхность плиты. Установить сепаратор.

1. Установить 10 заготовок в сепаратор. Включить магнитную плиту.
2. Шлифовать плоскость 1 в размер  $3,15 \pm 0,02$ .
3. Отключить магнитную плиту. Снять заготовки и сепаратор. Протереть поверхность магнитной плиты, сепаратор и заготовки. Установить сепаратор. Переустановить 10 заготовок. Включить магнитную плиту.
4. Шлифовать плоскость 2.
5. Отключить магнитную плиту. Снять и протереть детали и сепаратор.

Технологическая оснастка

Круг ПП 250 x 40 x 76; 20А СМ-5-К ГОСТ 2424–83.

Фланцы переходные (при станке) под круг с  $d = 76$  мм.

Плита магнитная 7208–0006 П ГОСТ 16528–81; 180x360.

Сепаратор ПР01.00.000.

*Рисунок 5.25 – Исходные данные для проектирования схемы наладки на плоскошлифовальную операцию (материал детали сталь 30ХГСА, 48...52 HRC)*

В приложении Е приведены типовые технологические наладки (рабочие пространства станков) механической обработки заготовок различных деталей на разных операциях в условиях единичного, мелкосерийного и серийного производств – точении, сверлении, фрезеровании, протягивании, зубо- и шлифценарезании, шлифовании, хонинговании и др. с использованием универсальных станков, станков-автоматов и полуавтоматов, станков с ЧПУ, а также различной технологической оснастки.

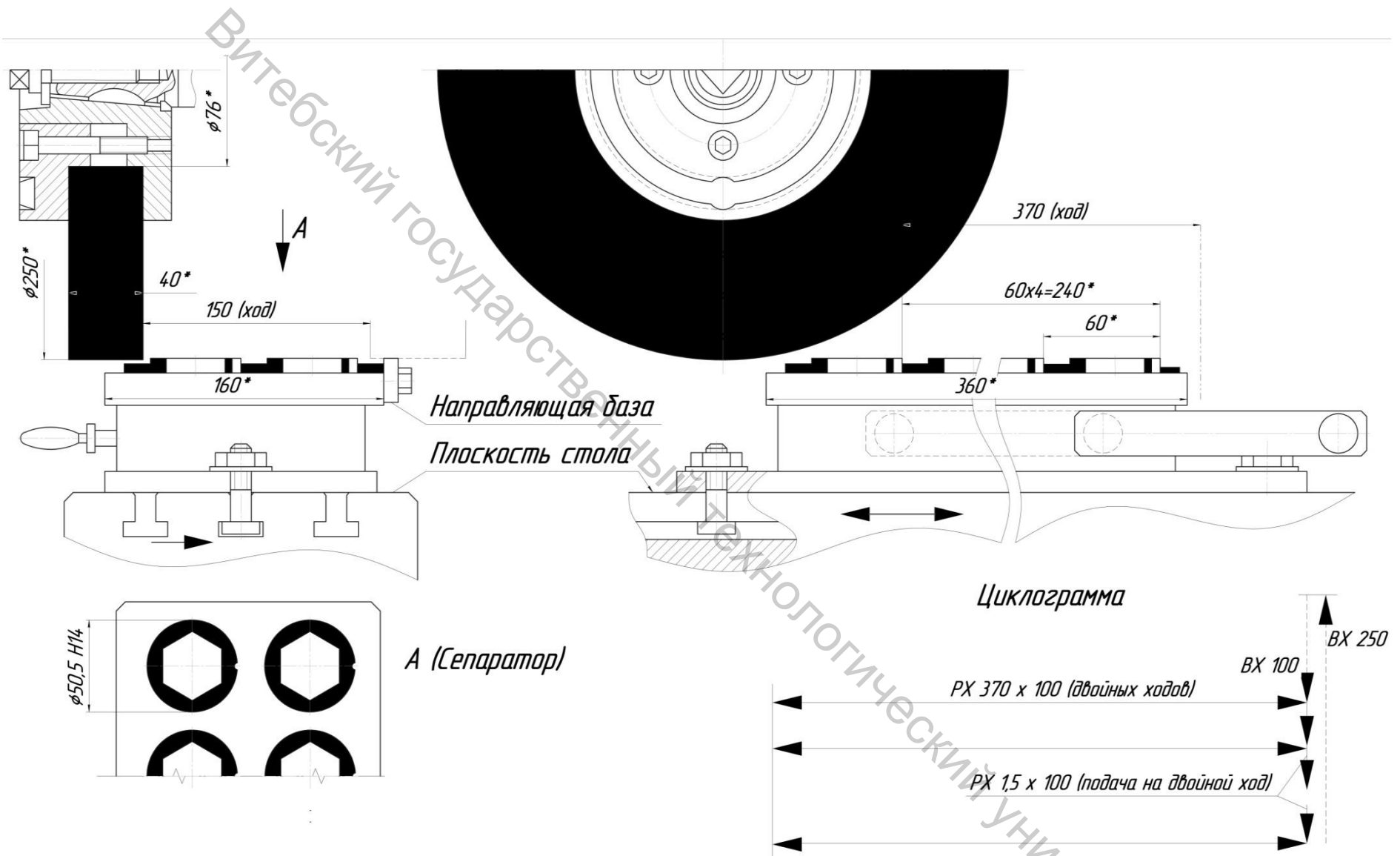


Рисунок 5.26 – Схема наладки плоскошлифовального станка модели 3Е711 на обработку заготовки детали «Кольцо»

## 6 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЦИКЛОГРАММ

На схемах наладок цикловых полуавтоматов и автоматов, а также станков с ручным управлением обязательно наличие технологической циклограммы относительного движения инструмента и заготовки в процессе формообразования. Такая циклограмма, как уже отмечалось, необходима для определения значений рабочих и вспомогательных ходов, по которым рассчитываются машинное время и соответствующая доля вспомогательного времени при техническом нормировании операции.

Строго формализованных правил проектирования технологических циклограмм ЕСТД не предусматривает. Поэтому при их проектировании целесообразно придерживаться следующих рекомендаций:

1. Циклограмма выполняется в любом месте чертежа (схемы) наладки. При выполнении на одном формате нескольких чертежей наладок и циклограмм последние должны располагаться таким образом, чтобы исключить неопределенность их отнесения к конкретному виду (проекции). Циклограмма может выполняться по правилу эскиза – без масштаба, но желательно соблюдение относительных пропорций значений ходов. Над циклограммой должна быть нанесена надпись «Циклограмма».

2. Рабочие хода (движения формообразования) условно обозначаются сплошной основной линией со стрелкой на конце, показывающей направление движения (рис. 5.2–5.4, 5.7, 5.9–5.12, 5.19, 5.22, 5.24). В зоне стрелки выполняется надпись величины рабочего хода: «72» или «РХ 72».

3. Вспомогательные хода (ускоренные подводы и отводы, делительные движения) условно обозначаются пунктирной основной линией со стрелкой на конце, показывающей направление движения. Также в зоне стрелки выполняется надпись значения вспомогательного хода: «144» или «ВХ144».

4. В станках с ручным управлением рекомендуется выделять разновидность вспомогательных ходов, называемых наладочными. Это движение выполняется ручными приводами при позиционировании рабочего органа станка (суппорта, стола) на наладочные размеры обрабатываемой поверхности по отсчетным устройствам: лимбам, линейкам, оптическим приборам, цифровым индикаторам и т.п., то есть отличается принципом нормирования времени (относится к доле вспомогательного времени на управление станком).

Так как наладочные хода выполняются с относительно низкой скоростью, то они условно обозначаются сплошной основной линией со стрелкой на конце, показывающей направление движения. В зоне стрелки выполняется надпись значения наладочного хода: «10<sub>H</sub>» или «НХ 10».

В станках полуавтоматах и автоматах этот вид движения отсутствует.

5. Достаточно часто в цикле обработки выполняется несколько ходов в одной плоскости проекции. Для более наглядного графического представления этих ходов допускается линии сместить относительно друг друга, заключив все

их в один прямоугольник, выполненный сплошной тонкой линией (рис. 5.2, 5.4). Линии всех ходов (РХ, ВХ, НХ) внутри этого прямоугольника условно считаются лежащими в одном сечении.

6. В точках технологической циклограммы могут быть нанесены условные графические обозначения смены позиций многопозиционных инструментальных рабочих органов (резцедержателей, револьверных головок), как это показано на рисунках 5.2–5.4, или выполнена надпись «Смена инструмента».

7. В зоне циклограммы могут быть приведены суммарные значения рабочих, вспомогательных и наладочных (при их наличии) ходов, как это выполнено на рисунках 5.2–5.4. Именно эти значения должны приниматься при нормировании операции (переходов) и оформлении операционных карт.

8. При большом количестве близкорасположенных и пересекающихся рабочих, наладочных и вспомогательных ходов допускается в зоне стрелок соответствующих линий указывать сквозные номера граничных точек ходов (рисунок 5.7), а величины этих ходов, а также их суммарные значения приводить отдельно на листе (или пояснительной записке проекта).

9. При проектировании технологических циклограмм необходимо иметь в виду, что на операции, состоящей из нескольких переходов, выполняемых различными инструментами, прочерчивается несколько циклограмм по переходам, являющихся фрагментами единой технологической циклограммы всей операции. Поэтому циклограммы по переходам должны быть увязаны друг с другом методом решения размерных цепей.

Принцип размерной привязки циклограмм, приведенных в рассмотренном примере токарной операции на рисунках 5.2–5.4, поясняется схемами на рисунках 6.1–6.3.

Для разработки технологических циклограмм по переходам операции следует определить начальные точки этих циклов (точнее фрагментов единого цикла). Условиями для определения положений инструментов перед выполнением траектории движения перехода могут быть:

- а) безаварийная смена позиций инструментальных резцедержателей или револьверных головок;
- б) автоматическая смена инструмента из инструментального магазина, производимая в однозначно определенном пространственном положении рабочего органа станка;
- в) безопасность ручной или безаварийность автоматической смены изготовленной детали на новую заготовку.

В рассмотренном примере токарной операции (см. раздел 5.5.2) при использовании станка с ручным управлением должны учитываться условия безаварийной смены инструментов при повороте резцедержателя и требования техники безопасности при съеме изготовленной детали и установке очередной заготовки.

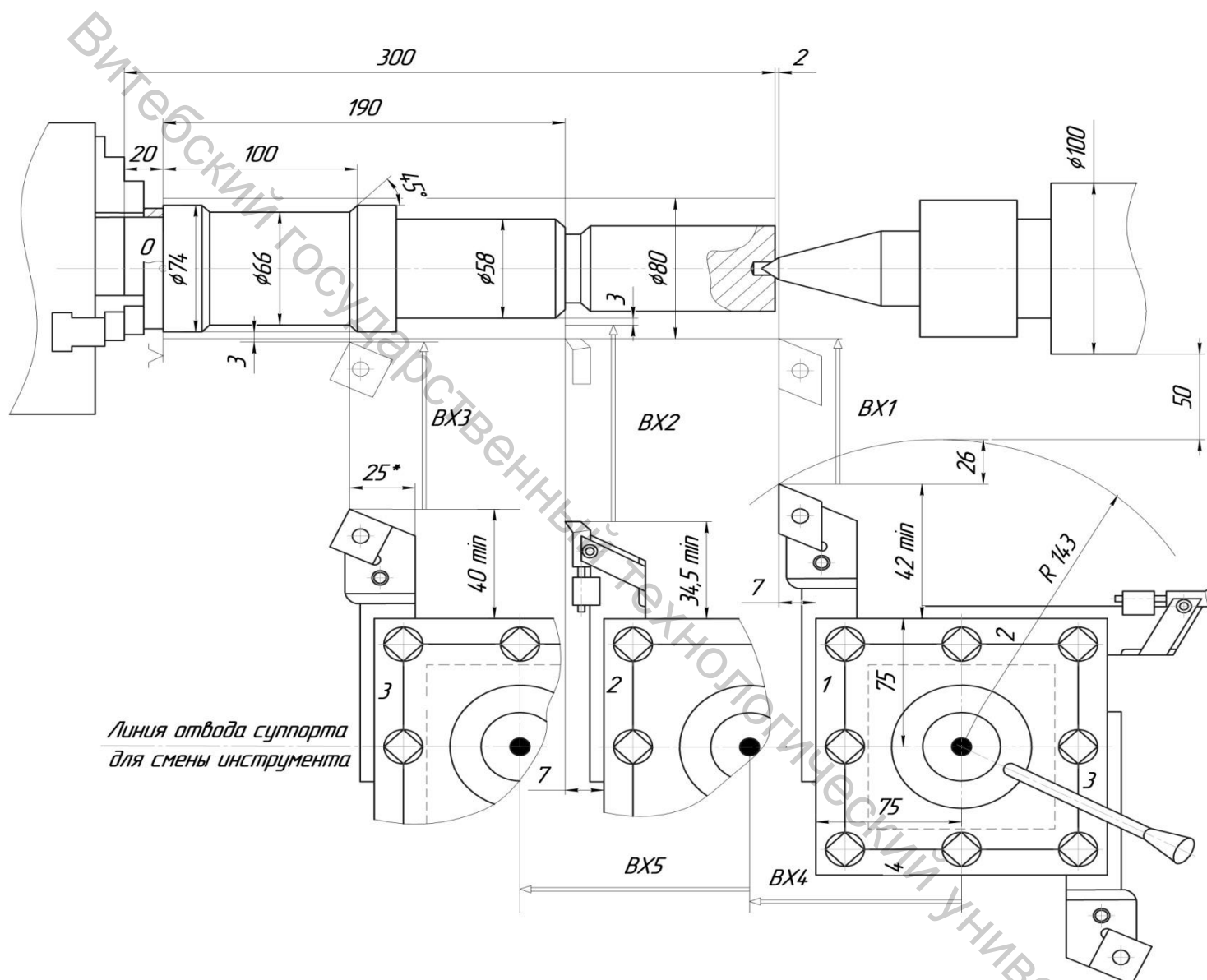


Рисунок 6.1 – Схема начальных положений инструментов перед выполнением технологических циклов переходов

При повороте резцедержателя в расчет необходимо принимать максимальный вылет инструмента из всех установленных (рисунок 6.1):

$$R = \sqrt{(42 + 75)^2 + (7 + 75)^2} = 143 \text{ мм.}$$

Первоначально устанавливается единая линия отвода суппорта для смены позиции резцедержателя (инструмента) таким образом, чтобы при его повороте между инструментом с максимальным вылетом и любым элементом технологической системы был бы гарантированный зазор (в примере – 50 мм). Поворот резцедержателя производится в непосредственной близости от пиноли задней бабки и заготовки. Так как диаметр заготовки (80 мм) меньше диаметра пиноли (100 мм), то положение линии отвода – размер  $A_0$  – рассчитывается от пиноли по размерной цепи (рисунок 6.2):

$$A_0 = A_1 + A_2 + A_3 = 243 \text{ (мм)},$$

где  $A_1 = R = 143$  мм – радиус максимального вылета инструмента;

$A_2 = 50$  мм – принятый гарантированный зазор;

$A_3 = 50$  мм – радиус пиноли задней бабки станка.

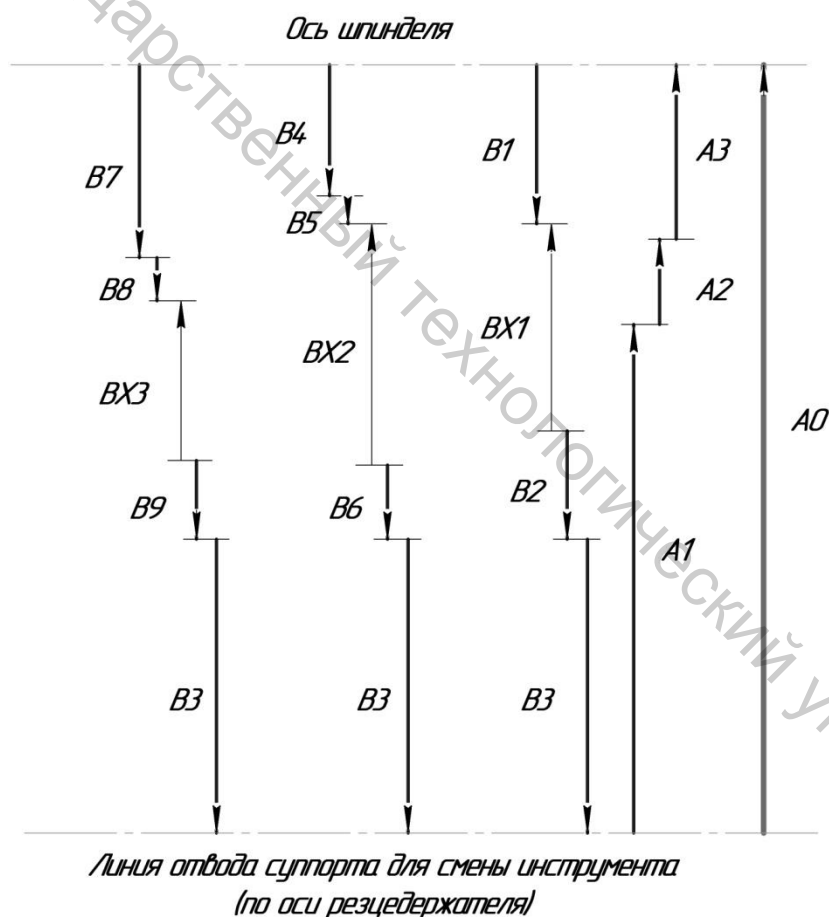


Рисунок 6.2 – Размерные цепи для расчетов положения линии отвода суппорта для поворота резцедержателя (смены инструмента) и поперечных вспомогательных ходов в начале переходов токарной операции (BX1 – переходы 2...4; BX2 – переход 5; BX3 – переходы 6, 7)

При выполнении перехода 2 проходной резец ускоренно подводится в поперечном направлении на линию диаметра заготовки с недобегом по торцу 2 мм, после чего выполняется наладочное (по лимбу) поперечное движение на диаметр обрабатываемой ступени (74 мм). При известном положении линии отвода несложно вычислить значение вспомогательного хода (подвода)  $VX_1$  этого перехода:

$$VX_1 = A_0 - (B_1 + B_2 + B_3) = 86 \text{ мм},$$

где  $B_1 = 40$  мм – радиус заготовки;  $B_2 = 42$  мм – вылет проходного резца;  $B_3 = 75$  мм – размер резцедержателя.

Вычисленное значение величины  $VX_1$  отражено на циклограмме (рисунок 5.2), которая завершается на той же линии отвода для поворота резцедержателя, но с продольным смещением от начала цикла на 91 мм.

Далее определяется требуемое смещение оси резцедержателя для начала технологического цикла перехода 5 (рисунок 6.3). Координата  $C_0$  от опорной базовой точки 0 заготовки определяется по размерной цепи:

$$C_0 = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 - E_1 = 364 \text{ мм},$$

где  $C_1 = 300$  (мм) – длина заготовки;  $C_2 = 2$  мм – недобег инструмента до торца заготовки;  $C_3 = 7$  мм – боковой вылет проходного резца;  $C_4 = B_3 = 75$  мм – размер резцедержателя;  $E_1 = 20$  мм – длина базовой (зажимной) ступени заготовки.

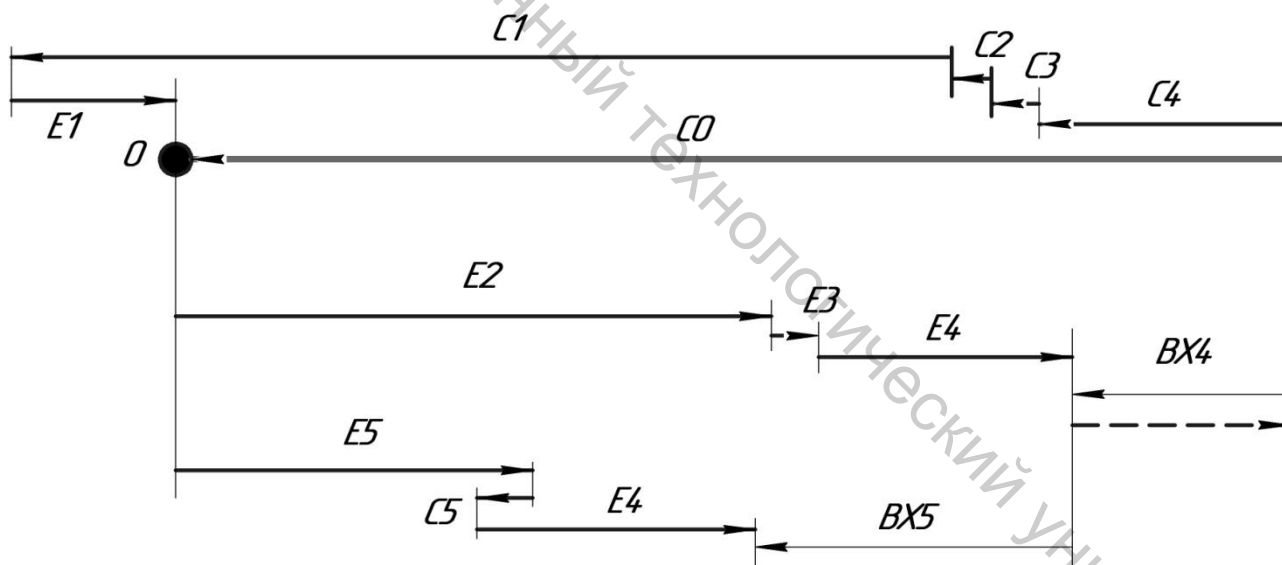


Рисунок 6.3– Размерные цепи для расчетов продольных смещений (координат) начал технологических циклов переходов 2, 5 и 6 токарной операции

Соответственно, продольное смещение оси поворотного резцедержателя станка от точки начала перехода 2 до точки начала перехода 5 составит:

$$VX_4 = C_0 - (E_2 + E_3 + E_4) = 92 \text{ мм},$$

где  $E_2 = 190$  мм – координата торца при прорезке канавки;  $E_3 = 7$  мм – боковой вылет канавочного резца;  $E_4 = C_4 = 75$  мм – размер резцедержателя.

Так как технологическая циклограмма переходов 2...4 завершается поперечным отводом и продольным смещением 91 мм, то для точного позицио-

нирования канавочного резца, после поворота резцедержателя, требуется смещение всего на  $92 - 91 = 1$  мм, что и отражено на циклограмме (рисунок 5.3).

Поперечный вспомогательный ход (подвод) канавочного резца определяется по соответствующей размерной цепи, показанной на рисунке 6.2.

$$BX2 = A0 - (B4 + B5 + B6 + B3) = 101,5 \text{ мм},$$

где  $B4 = 29$  мм – радиус левой от канавки ступени вала;  $B5 = 3$  мм – радиальный недобег канавочного резца;  $B6 = 34,5$  мм – вылет канавочного резца.

Технологическая циклограмма перехода 5 прорезки канавки является простейшей линейной (если не считать начального сдвига 1 мм), следовательно переход 6 должен начинаться после поворота резцедержателя с продольного смещения  $BX5$  (рисунок 6.3)

$$BX5 = C0 + C5 - (E5 + E4 + BX4) = 101 \text{ мм},$$

где  $C5 = 4$  мм – фаска на проточке вала;  $E5 = 100$  мм – линейный размер проточки;  $BX4 = 92$  мм – ранее вычисленный продольный вспомогательный ход, рассматриваемый в данной размерной цепи как уменьшающий размер (пунктир на рисунке 6.3).

Вычисленные значения продольного смещения указаны на рисунке 6.3. Завершают технологическую циклограмму два вспомогательных хода – поперечный на линию отвода и продольный в исходное положение. Значения этих ходов несложно рассчитать с помощью размерных цепей, как это показано в вышеизложенном примере.

Исходное положение резцедержателя на расстоянии  $C0$  от упорной базы детали, выбранное в рассмотренном примере, является достаточным для травмобезопасного манипулирования с заготовками и деталями при их установке и съеме. Если это условие не выполняется, то исходная позиция резцедержателя (суппорта) корректируется и рассчитываются значения дополнительно совершаемых вспомогательных ходов.

Рассчитанные таким образом суммарные рабочие, наладочные и вспомогательные хода по всем переходам (циклограммам) принимаются при техническом нормировании операции. Если в справочнике нормировщика отсутствуют данные о времени настройки на размер по отсчетным устройствам станка (лимба, линейкам, оптическим приборам или цифровым индикаторам), то эта часть составляющей вспомогательного времени (на управление станком) принимается как время совершения наладочных ходов на рабочей подаче последующего перехода (отношение суммарного наладочного хода в мм к скорости подачи в мм/мин).

10. Особо следует отметить некоторые неудобства при выполнении на плоском чертеже трехмерных технологических циклограмм обработки на станках фрезерной и сверлильной групп. «Плоское» представление трехмерной циклограммы допустимо только в том случае, когда все рабочие и вспомогательные хода в направлении оси координат, перпендикулярной плоскости чертежа (эскиза) циклограммы, совершаются не одновременно с движением по любой другой координате (то есть нет движений, «наклонных» к плоскости чертежа). Для большей наглядности и единообразия «плоского» изображения

трехмерных технологических циклограмм рекомендуются условные обозначения таких ходов (рисунок 6.4):

- вспомогательные хода обозначаются окружностью диаметром от 3 до 8 мм в зависимости от формата чертежа;

- рабочие хода обозначаются такого же размера окружностью, «залитой» черным цветом;

- направление движения определяется знаком при величине хода: вверх – плюс (+); вниз – минус (-);

- наладочные хода обозначаются условно как рабочие, но с записью величины хода, например,  $+15_H$ ;  $-15_H$  или  $+HX15$ ;  $-HX15$

На рисунке 6.5а приведен пример «плоской» проекции трехмерной технологической циклограммы.

11. Для трехмерных технологических циклограмм с одновременным движением рабочих органов по двум или трем осям координат должны использоваться аксонометрические изображения (допустимые и для циклограмм с последовательными движениями в направлении осей координат станка). Пример оформления трехмерной циклограммы приведен на рисунке 6.5б. Циклограммы на рисунке 6.5 являются при сравнении идентичными, но во втором примере начальный и конечный вспомогательные хода совершаются при одновременном движении рабочего органа станка по всем трем осям координат.

Для расчета пространственных рабочих и вспомогательных ходов рекомендуется выполнять тонкими линиями их проекции на соответствующие оси координат (прочерчивать пространственные треугольники Пифагора) с обозначением в скобках значений этих проекций. Проекция замыкающего вспомогательного хода рассчитывается по правилам размерных цепей.

Например, по циклограмме на рисунке 6.5б первый вспомогательный ход – ускоренный подвод инструмента к заготовке – является результирующим одновременного движения по всем трем осям координат ( $BX_Z100$ ), ( $BX_X50$ ), ( $BX_Y120$ ):

$$BX_{ZYX} = \sqrt{(BX_Z)^2 + (BX_Y)^2 + (BX_X)^2} = 164 \text{ (мм)}$$

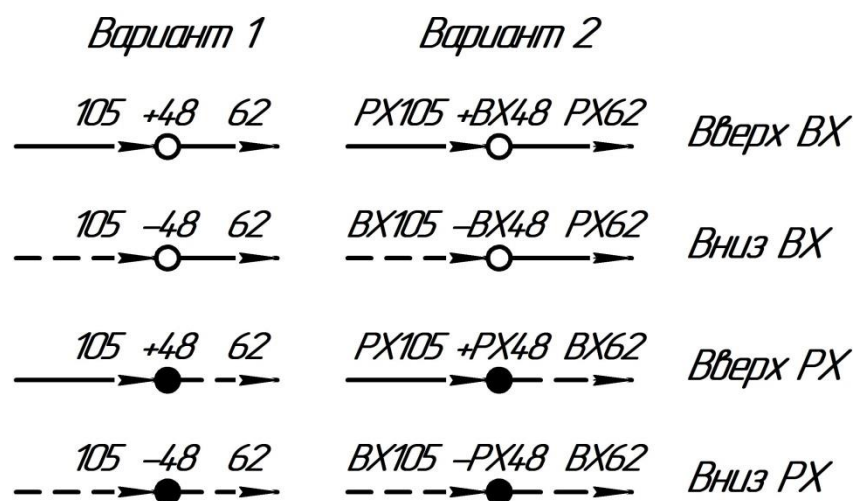


Рисунок 6.4 – Условные обозначения вертикальных рабочих и вспомогательных ходов на плоском изображении трехмерных технологических циклограмм

Проекции замыкающего вспомогательного хода – ускоренного отвода инструмента – определяются как замыкающие звенья соответствующих размерных цепей:

$$\begin{aligned}
 BX_Z &= (\sum \vec{BX}_Z + \sum \vec{PX}_Z) - (\sum \vec{BX}_Z + \sum \vec{PX}_Z), \\
 BX_Y &= (\sum \vec{BX}_Y + \sum \vec{PX}_Y) - (\sum \vec{BX}_Y + \sum \vec{PX}_Y), \\
 BX_X &= (\sum \vec{BX}_X + \sum \vec{PX}_X) - (\sum \vec{BX}_X + \sum \vec{PX}_X),
 \end{aligned}$$

где  $\vec{BX}$ ,  $\vec{PX}$  – увеличивающие;  $\vec{BX}$ ,  $\vec{PX}$  – уменьшающие звенья цепи – вспомогательные и рабочие ходы. К увеличивающим звеньям причисляются составляющие пространственных ходов, направления которых совпадают с направлениями соответствующих осей координат.

Знаки при полученных вычислениями величинах проекций указывают направление соответствующей составляющей движения: минус – в направлении положительной оси (Z, X или Y); плюс – в противоположном направлении.

В примере на рисунке 6.3 составляющие замыкающего вспомогательного хода:

$$\begin{aligned}
 BX_Z &= 100 - 65 = 35 \text{ мм} \\
 BX_Y &= 120 + 116 = 236 \text{ мм} \\
 BX_X &= 50 + 110 - 185 = -25 \text{ мм}
 \end{aligned}$$

( $BX_X$  выполняется в направлении оси +X,  $BX_Z$  и  $BX_Y$  – в направлении –Z и –Y).

Соответственно, абсолютная величина замыкающего вспомогательного хода (отвода) составит:

$$BX_{ZYX} = \sqrt{35^2 + 236^2 + (-25)^2} = 239 \text{ (мм)}.$$

Для станков с числовым программным управлением выполняется не циклограмма, а схема траектории центра инструмента или ее фрагмент, выполненные по рекомендациям [3].

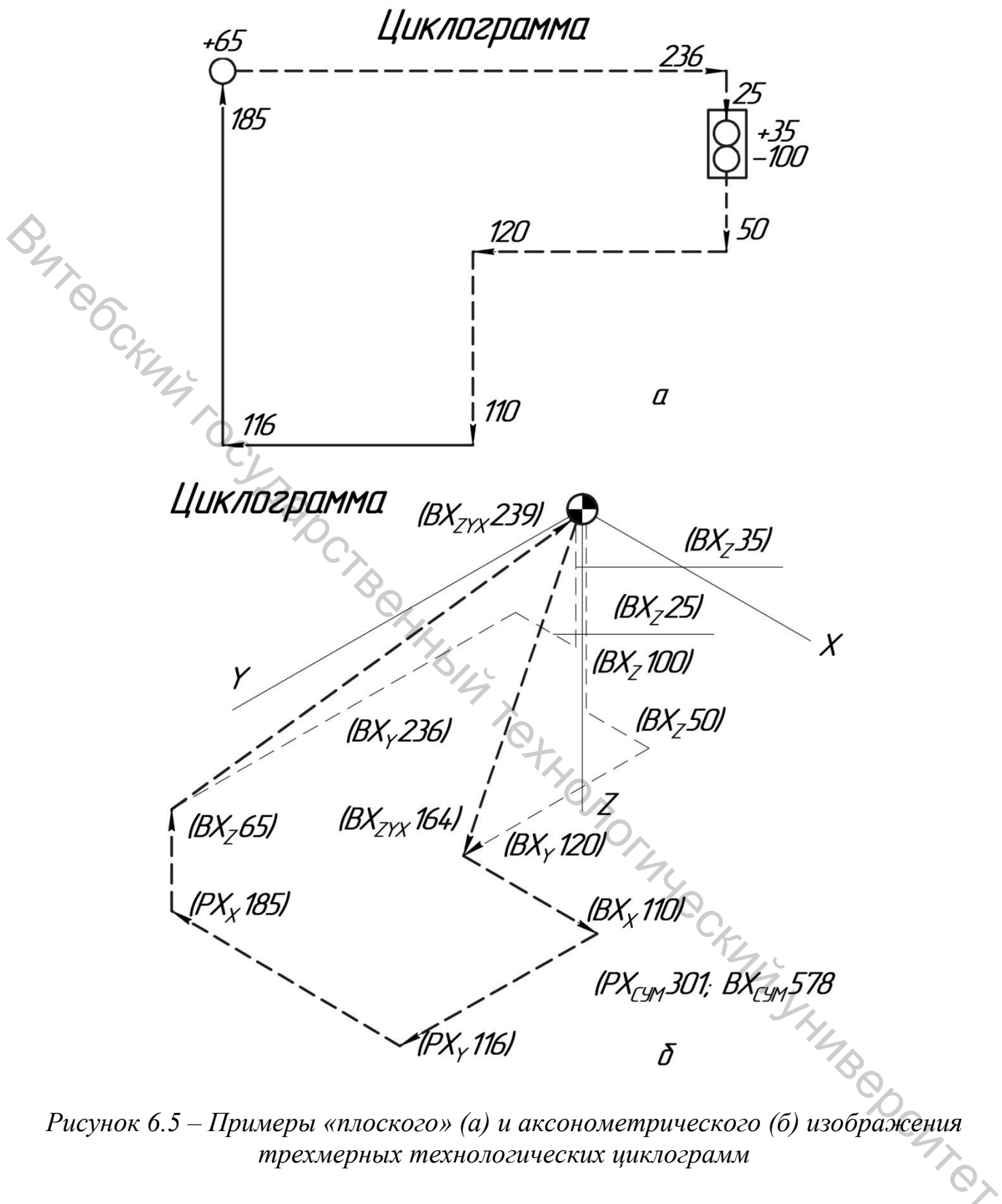


Рисунок 6.5 – Примеры «плоского» (а) и аксонометрического (б) изображения трехмерных технологических циклограмм

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Дайте определение понятию технологическая база.
2. Укажите методы реального базирования.
3. Укажите достоинства и недостатки базирования сопряжением.
4. Дайте определение понятию «база».
5. Как классифицируются базы по назначению?
6. Дайте определение понятию «конструкторская база».
7. Дайте определение понятию «технологическая база».
8. Дайте определение понятию «сборочная база».
9. Дайте определение понятию «измерительная база».
10. Чем основная сборочная база отличается от вспомогательной сборочной базы?
11. Дайте определение понятию реального базирования.
12. Какие методы реального базирования Вы знаете?
13. Когда применяется базирование по разметке?
14. С помощью чего осуществляется контроль положения линий разметки при базировании по разметке?
15. С помощью чего осуществляется регулировка положения заготовки при базировании по разметке?
16. Что выверяется при базировании выверкой по реальной технологической базе?
17. Опишите недостатки и достоинства базирования выверкой по реальной технологической базе.
18. Назовите этапы разработки модели установки.
19. Назовите цель проектного базирования.
20. Дайте определение понятию «номинальная поверхность».
21. Дайте определение понятию «проектная технологическая база».
22. Чем реальная технологическая база отличается от проектной технологической базы?
23. Дайте определение понятию «комплект технологических баз».
24. Перечислите известные Вам комплекты технологических баз ориентации.
25. Какие базы называются явными?
26. Какие базы называются скрытыми?
27. Дайте определение понятию размерная настройка.
28. Назовите методы размерной настройки.
29. Что определяет вид компонента комплекта баз?
30. Дайте определение понятию «установочная технологическая база».
31. Сколько и каких связей накладывает установочная технологическая база?
32. С помощью чего может быть реализована установочная технологическая база?
33. Дайте определение понятию «направляющая технологическая база».

34. Сколько и каких связей накладывает направляющая технологическая база?

35. Дайте определение понятию «опорная технологическая база».

36. Сколько и каких связей накладывает опорная технологическая база?

37. Дайте определение понятию «двойная опорная технологическая база».

38. Сколько и каких связей накладывает двойная опорная технологическая база?

39. С помощью чего может быть реализована двойная опорная технологическая база?

40. Сколько и каких связей накладывает двойная направляющая технологическая база?

41. С помощью чего может быть реализована двойная направляющая технологическая база?

42. Дайте определение понятию «тройная опорная технологическая база».

43. Назовите условия возникновения погрешности схемы базирования.

44. Дайте определение понятию «настроечная база».

45. Что в первую очередь должна обеспечивать схема базирования?

46. Назовите условия возникновения погрешности схемы установки.

47. Назовите причины возникновения погрешности схемы установки.

48. Что является характеристикой погрешности схемы установки?

49. Опишите алгоритм решения задачи определения погрешности схемы установки для плоской размерной цепи.

50. Как определяется погрешность схемы установки на призму?

51. Что вы понимаете под термином «средства технологического оснащения»?

52. Что вы понимаете под термином «технологическая оснастка»?

53. Инструмент можно назвать частью оснастки и почему?

54. Что такое интерференция?

55. Что отображает технологическая наладка?

56. Приведите пример технологической наладки.

57. Какие базы выделяются на станках как вспомогательные?

58. В чем основное назначение части технологической оснастки – приспособлений?

59. Как осуществляется базирование заготовок в виде прутков на токарных автоматах?

60. Каковы конструктивные особенности шпинделей токарно-карусельных станков?

61. Каковы конструктивные особенности столов зубофрезерных полуавтоматов?

62. Приведите схемы установки приспособлений на столах с T-образными пазами.

63. Какие Вы знаете способы базирования и закрепления инструментов с внутренними базами на металлорежущих станках?

64. Приведите схему действия сил на конус Морзе при установке осевого ин-

струмента в шпинделе станка.

65. Приведите схему базирования инструментов на горизонтально-фрезерных станках.

66. Как крепится шлифовальный круг (головка) на шпинделе внутришлифовального станка?

67. Приведите разновидности центров для шлифовальных работ.

68. Что такое циклограмма и что она показывает?

69. Приведите пример плоской трехмерной технологической циклограммы.

70. На какие основные группы можно подразделить конструкции шпинделей станков токарной группы?

71. Что подразумевается под рабочим пространством станка?

**ЧИСЛОВЫЕ ЗНАЧЕНИЯ НЕУКАЗАННЫХ ДОПУСКОВ  
ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОСТИ, СООСНОСТИ И СИММЕТРИЧНОСТИ**

Таблица П.А.1 – Числовые значения неуказанных допусков соосности и пересечения осей

Интервалы номинальных размеров	Значения неуказанных допусков соосности и пересечения осей при определяющем допуске размера			
	по квалитетам			
	12 и точнее	13 и 14	15 и 16	17
	по классам точности			
	точный	средний	грубый	очень грубый
До 3	0,05	0,12	0,20	0,30
Св. 3 до 10	0,06	0,16	0,25	0,40
>> 10 >>18	0,08	0,20	0,30	0,50
>> 18 >>30	0,10	0,25	0,40	0,60
>> 30 >>50	0,12	0,30	0,50	0,80
>> 50 >>120	0,16	0,40	0,60	1,00
>> 120 >>250	0,20	0,50	0,80	1,20
>> 250 >>400	0,25	0,60	1,00	1,60
>> 400 >>630	0,30	0,80	1,20	2,00
>> 630 >>1000	0,40	1,00	1,60	2,50
>> 1000 >>1600	0,05	1,20	2,00	3,00
>> 1600 >>2500	0,60	1,60	3,00	4,00

Таблица П.А.2 – Числовые значения неуказанных допусков симметричности

Интервалы номинальных размеров	Значения неуказанных допусков симметричности при определяющем допуске размера			
	по квалитетам			
	12 и точнее	13 и 14	15 и 16	17
	по классам точности			
	точный	средний	грубый	очень грубый
До 3	0,20	0,30	0,50	0,80
Св. 3 до 10	0,25	0,40	0,60	1,00
>> 10 >>18	0,30	0,50	0,80	1,20
>> 18 >>30	0,40	0,60	1,00	1,60
>> 30 >>50	0,50	0,80	1,20	2,00
>> 50 >>120	0,60	1,00	1,60	2,50
>> 120 >>250	0,80	1,20	2,00	3,00
>> 250 >>400	1,00	1,60	2,50	4,00
>> 400 >>630	1,20	2,00	3,00	5,00
>> 630 >>1000	1,60	2,50	4,00	6,00
>> 1000 >>1600	2,00	3,00	5,00	8,00
>> 1600 >>2500	2,50	4,00	6,00	10,0

Таблица П.А.3 – Числовые значения неуказанных допусков перпендикулярности

Интервалы номинальных размеров	Значения неуказанных допусков перпендикулярности при определяющем допуске размера			
	по квалитетам			
	12 и точнее	13 и 14	15 и 16	17
	по классам точности			
	точный	средний	грубый	очень грубый
До 10	0,06	0,10	0,16	0,25
Св. 10 до 16	0,08	0,12	0,20	0,30
>> 16 >>25	0,10	0,16	0,25	0,40
>> 25 >>40	0,12	0,20	0,30	0,60
>> 40 >>63	0,16	0,25	0,40	0,80
>> 63 >>100	0,20	0,30	0,60	1,00
>> 100 >>160	0,25	0,40	0,80	1,20
>> 160 >>250	0,30	0,60	1,00	1,60
>> 250 >>400	0,40	0,80	1,20	2,00
>> 400 >>630	0,60	1,00	1,60	2,50
>> 630 >>1000	0,80	1,20	2,00	3,00
>> 1000 >>1600	1,00	1,60	2,50	4,00
>> 1600 >>2500	1,20	2,00	3,00	5,00

За базу, к которой относится неуказанный допуск перпендикулярности в одном координатном направлении, принимается поверхность (или ее ось) из числа обрабатываемых или необрабатываемых поверхностей, имеющая больший размер в рассматриваемых перпендикулярных направлениях, а при одинаковых размерах – поверхность, имеющая меньшую шероховатость. Если деталь имеет элементы, для которых указаны допуски перпендикулярности, то неуказанные допуски следует относить к тем же базам, что и указанные. Числовые значения неуказанных допусков перпендикулярности определяются в зависимости от номинального размера и определяющего допуска размера

УСТАНОВОЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Таблица П.Б.1 – Разные обозначения

№ п/п	Наименование	Обозначение на схеме установки		
		сбоку	сверху	снизу
1	Опора подвижная			
2	Опора регулируемая			
3	Люнет подвижный			
4	Люнет неподвижный			
5	Патрон поводковый			
6	Зажим одиночный			
7	Зажим двойной			

Таблица П.Б.2 – Таблица соответствия установочных элементов технологическим базам

№ п/п	Наименование	Код	Обозначение на схеме установки		
			сбоку	сверху	снизу
1	2	3	4	5	6
Устано- вочная	Плоская поверхность корпуса приспособлений	Тр 1.1.			
	Две опорные пластины	Тр 1.2.			
	Опоры точечные неподвижные с плоской поверхностью	Тр 1.3.			
	Опоры точечные неподвижные со сферической поверхностью	Тр 1.4.			
	Опоры точечные неподвижные с рифленой поверхностью	Тр 1.5.			
	Опоры плавающие с плоской поверхностью	Тр 1.6.			
	Опоры плавающие со сферической поверхностью	Тр 1.7.			
	Опоры плавающие с рифленой поверхностью	Тр 1.8.			
	Опорное кольцо	Тр 1.9.			
	Пластина и точечная опора	Тр 1.10.			
	Магнитная плита	Тр 1.11.			

Продолжение таблицы П.Б.2

1	2	3	4	5	6	
<i>Направ- ляющая</i>	Плоская поверхность корпуса при- способлений	Тр 2.1.				
	Пластина опорная	Тр 2.2.				
	Опоры точечные неподвижные с плоской поверхностью	Тр 2.3.				
	Опоры точечные неподвижные со сферической поверхностью	Тр 2.4.				
	Опоры точечные неподвижные с рифленой поверхностью	Тр 2.5.				
	Опоры плавающие с плоской поверх- ностью	Тр 2.6.				
	Опоры плавающие со сферической поверхностью	Тр 2.7.				
	Опоры плавающие с рифленой по- верхностью	Тр 2.8.				
	Два цилиндрических пальца	Тр 2.9.				
	Зажим самоцентрирующий	Тр 2.10.				
<i>Опорная</i>	Опора точечная неподвижная с плос- кой поверхностью	Тр 3.1.				
	Опора точечная неподвижная со сфе- рической поверхностью	Тр 3.2.				
	Опора точечная неподвижная с риф- леной поверхностью	Тр 3.3.				
	Опора плавающая с плоской поверх- ностью	Тр 3.4.				
	Опора плавающая со сферической поверхностью	Тр 3.5.				
	Опора плавающая с рифленой по- верхностью	Тр 3.6.				
	Палец ромбический	Тр 3.7.				
	Палец цилиндрический	Тр 3.8.				
	Зажим самоцентрирующий	Тр 3.9.				
	Опора призматическая подводимая	Тр 3.10.				
<i>Двойная опорная</i>	Призма	Тр 4.1.				
	Палец цилиндрический	Тр 4.2.				
	Палец конический плавающий	Тр 4.3.				
	Втулка	Тр 4.4.				
	Полувтулка	Тр 4.5.				
	Двухкулачковый патрон	Тр 4.6.				

## Окончание таблицы П.Б.2

1	2	3	4	5	6
<i>Двойная опорная</i>	Трехкулачковый патрон	Тр 4.7.			
	Четырехкулачковый патрон	Тр 4.8.			
	Втулка разрезная	Тр 4.9.			
	Оправка цанговая	Тр 4.10.			
	Оправка кулачковая	Тр 4.11.			
	Оправка клиновья	Тр 4.12.			
	Оправка клиноплунжерная	Тр 4.13.			
	Оправка с гофрир. элементами	Тр 4.14.			
	Оправка с тарельчатыми пружинами	Тр 4.15.			
	Оправка с витой пружиной	Тр 4.16.			
	Оправка шлицевая	Тр 4.17.			
	Оправка резьбовая	Тр 4.18.			
<i>Двойная направляющая</i>	Длинная призма	Тр 5.1.			
	Оправка цилиндрическая	Тр 5.2.			
	Оправка коническая	Тр 5.3.			
	Оправка цанговая	Тр 5.4.			
	Втулка	Тр 5.5.			
	Оправка клиновья	Тр 5.6.			
	Оправка клиноплунжерная	Тр 5.7.			
	Оправка с гофр. элементами	Тр 5.8.			
	Оправка с тарельчатыми пружинами	Тр 5.9.			
	Двойная призма	Тр 5.10.			
	Оправка с витой пружиной	Тр 5.11.			
	Оправка шлицевая	Тр 5.12.			
	Оправка резьбовая	Тр 5.13.			
	Центра: неподвижный и вращающийся	Тр 5.14.			
	Центра: рифленый и вращающийся	Тр 5.15.			
	Центра: плавающий и вращающийся	Тр 5.16.			
	Трехкулачковый патрон и вращающийся центр	Тр 5.17.			
<i>Тройная опорная</i>	Трехкулачковый патрон с призматическими губками	Тр 6.1.			
	Центр неподвижный	Тр 6.2.			

**Приложение В**

**АЛГОРИТМЫ НАЗНАЧЕНИЯ ВИДА КОМПОНЕНТОВ  
КОМПЛЕКТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БАЗ**

Таблица П.В.1 – Алгоритмы назначения вида компонента комплекта технологических баз №1

Пра- вило	Содержание
1	2
O10	<p>Если существует комплект технологических баз, состоящий из трех взаимно перпендикулярных плоскостей <math>P_i \perp P_j \perp P_k</math> и задан допуск перпендикулярности оси <math>O_{10}</math> относительно плоскости <math>P_i</math>, а допуск линейного размера относительно <math>P_{j(k)}</math> меньше допуска линейного размера относительно <math>P_{k(j)}</math>, то плоскость <math>P_i</math> назначается тройной однонаправленной (установочной) базой, плоскость <math>P_{j(k)}</math> – двойной однонаправленной (направляющей), плоскость <math>P_{k(j)}</math> – одиночной (опорной). Аналогично определяются компоненты комплекта, если задан допуск перпендикулярности относительно плоскости <math>P_j</math> либо плоскости <math>P_k</math>.</p> <p>В символьном виде на языке алгебры логики:  <math>\exists(P_i \perp P_j \perp P_k) \wedge ((O_{10} \perp P_i) \vee (O_{10} \perp P_j) \vee (O_{10} \perp P_k))</math>  <math>T \perp O_{10} \rightarrow P_i \wedge TX(Z) &lt; TZ(X) \Rightarrow P_i = 3OH; P_{j(k)} = 2OH; P_{k(j)} = 1B;</math>  <math>T \perp O_{10} \rightarrow P_j \wedge TY(Z) &lt; TZ(Y) \Rightarrow P_j = 3OH; P_{i(k)} = 2OH; P_{k(i)} = 1B;</math>  <math>T \perp O_{10} \rightarrow P_k \wedge TX(Y) &lt; TY(X) \Rightarrow P_k = 3OH; P_{j(i)} = 2OH; P_{i(j)} = 1B</math></p>
O11	<p>Если заданы допуски параллельности оси <math>O_{11}</math> относительно плоскостей <math>P_i</math> и <math>P_j</math>, а численное значение допуска параллельности оси относительно плоскости <math>P_{i(j)}</math> меньше численного значения допуска параллельности оси относительно плоскости <math>P_{j(i)}</math>, то плоскость <math>P_{i(j)}</math> назначается тройной однонаправленной базой, плоскость <math>P_{j(i)}</math> – двойной однонаправленной, плоскость <math>P_k</math> – одиночной. Аналогично определяются компоненты комплекта, если задан допуск параллельности оси относительно плоскостей <math>P_i</math> и <math>P_k</math>, <math>P_j</math> и <math>P_k</math>.</p> <p><math>\exists(P_i \perp P_j \perp P_k) \wedge ((O_{11} // P_i) \wedge (O_{11} // P_j)) \vee ((O_{11} // P_i) \wedge (O_{11} // P_k)) \vee ((O_{11} // P_j) \wedge (O_{11} // P_k))</math>  <math>T // O_{11} \rightarrow P_{i(j)} &lt; T // O_{11} \rightarrow P_{j(i)} \Rightarrow P_{i(j)} = 3OH; P_{j(i)} = 2OH; P_k = 1B;</math>  <math>T // O_{11} \rightarrow P_{i(k)} &lt; T // O_{11} \rightarrow P_{k(i)} \Rightarrow P_{i(k)} = 3OH; P_{k(i)} = 2OH; P_j = 1B;</math>  <math>T // O_{11} \rightarrow P_{j(k)} &lt; T // O_{11} \rightarrow P_{k(j)} \Rightarrow P_{j(k)} = 3OH; P_{k(j)} = 2OH; P_i = 1B</math></p>

1	2
O12	<p>Если заданы допуски параллельности оси <math>O_{12}</math> относительно плоскости <math>P_i</math> и допуск углового расположения относительно <math>P_{j(k)}</math>, а численное значение допуска параллельности оси относительно плоскости <math>P_i</math> меньше численного значения допуска углового расположения оси относительно плоскости <math>P_{j(k)}</math>, то плоскость <math>P_i</math> назначается тройной однонаправленной базой, плоскость <math>P_{j(k)}</math> – двойной однонаправленной, плоскость <math>P_{k(j)}</math> – одиночной. В том случае если численное значение допуска углового расположения меньше численного значения допуска параллельности, то в качестве тройной однонаправленной базы назначается плоскость <math>P_{j(k)}</math>, двойной однонаправленной – <math>P_i</math>, одиночной – <math>P_{k(j)}</math>. Аналогично определяются компоненты комплекта, если задан допуск параллельности оси относительно плоскостей <math>P_j</math> и <math>P_k</math> и углового расположения относительно <math>P_{i(k)}</math> и <math>P_{i(j)}</math>.</p> $\exists(P_i \perp P_j \perp P_k) \wedge ((O_{12} // P_i) \vee (O_{12} \angle P_j)) \vee ((O_{12} // P_i) \vee (O_{12} \angle P_k)) \vee ((O_{12} // P_j) \vee (O_{12} \angle P_k))$ $T // O_{12} \rightarrow P_{i(j)} < T \angle O_{12} \rightarrow P_{j(i)} \Rightarrow P_{i(j)} = 3\text{ОН}; P_{j(i)} = 2\text{ОН}; P_k = 1\text{Б};$ $T // O_{12} \rightarrow P_{i(k)} < T \angle O_{12} \rightarrow P_{k(i)} \Rightarrow P_{i(k)} = 3\text{ОН}; P_{k(i)} = 2\text{ОН}; P_j = 1\text{Б};$ $T // O_{12} \rightarrow P_{j(k)} < T \angle O_{12} \rightarrow P_{k(j)} \Rightarrow P_{j(k)} = 3\text{ОН}; P_{k(j)} = 2\text{ОН}; P_i = 1\text{Б}$
П10	<p>Если заданы допуски перпендикулярности плоскости <math>\Pi_{10}</math> относительно плоскостей <math>P_i</math> и <math>P_j</math>, а численное значение допуска перпендикулярности плоскости относительно плоскости <math>P_i</math> меньше численного значения допуска перпендикулярности относительно плоскости <math>P_j</math>, то плоскость <math>P_i</math> назначается тройной однонаправленной базой, плоскость <math>P_j</math> – двойной однонаправленной, плоскость <math>P_k</math> – одиночной. В том случае если численное значение допуска перпендикулярности относительно плоскости <math>P_i</math> больше численного значения допуска перпендикулярности относительно плоскости <math>P_j</math>, то в качестве тройной однонаправленной базы назначается плоскость <math>P_j</math>, двойной однонаправленной – <math>P_i</math>, одиночной – <math>P_k</math>. Аналогично определяются компоненты комплекта, если задан допуск параллельности оси относительно плоскостей <math>P_i</math> и <math>P_k</math>, <math>P_j</math> и <math>P_k</math>.</p> $\exists(P_i \perp P_j \perp P_k) \wedge ((\Pi_{10} \perp P_i) \vee (\Pi_{10} \perp P_j)) \vee ((\Pi_{10} \perp P_i) \vee (\Pi_{10} \perp P_k)) \vee ((\Pi_{10} \perp P_j) \vee (\Pi_{10} \perp P_k))$ $T \perp \Pi_{10} \rightarrow P_{i(j)} < T \perp \Pi_{10} \rightarrow P_{j(i)} \Rightarrow P_{i(j)} = 3\text{ОН}; P_{j(i)} = 2\text{ОН}; P_k = 1\text{Б};$ $T \perp \Pi_{10} \rightarrow P_{i(k)} < T \perp \Pi_{10} \rightarrow P_{k(i)} \Rightarrow P_{i(k)} = 3\text{ОН}; P_{k(i)} = 2\text{ОН}; P_j = 1\text{Б};$ $T \perp \Pi_{10} \rightarrow P_{j(k)} < T \perp \Pi_{10} \rightarrow P_{k(j)} \Rightarrow P_{j(k)} = 3\text{ОН}; P_{k(j)} = 2\text{ОН}; P_i = 1\text{Б}$
П11	<p>Если задан допуск параллельности плоскости <math>\Pi_{11}</math> относительно плоскости <math>P_i</math>, а допуск линейного размера относительно <math>P_{j(k)}</math> меньше допуска линейного размера относительно <math>P_{k(j)}</math>, то плоскость <math>P_i</math> назначается тройной однонаправленной базой, плоскость <math>P_{j(k)}</math> – двойной однонаправленной, плоскость <math>P_{k(j)}</math> – одиночной. Аналогично определяются компоненты комплекта, если задан допуск параллельности относительно плоскости <math>P_j</math> либо плоскости <math>P_k</math>.</p> $\exists(P_i \perp P_j \perp P_k) \wedge ((\Pi_{11} // P_i) \vee (\Pi_{11} // P_j) \vee (\Pi_{11} // P_k))$ $T // \Pi_{11} \rightarrow P_i \wedge TX(Z) < TZ(X) \Rightarrow P_i = 3\text{ОН}; P_{j(k)} = 2\text{ОН}; P_{k(j)} = 1\text{Б};$

	$T//\Pi_{11} \rightarrow P_j \wedge TY(Z) < TZ(Y) \Rightarrow P_j = 3OH; P_{i(k)} = 2OH; P_{k(i)} = 1B;$ $T//\Pi_{11} \rightarrow P_k \wedge TX(Y) < TY(X) \Rightarrow P_k = 3OH; P_{j(i)} = 2OH; P_{i(j)} = 1B$
--	---

Окончание таблицы П.В.1

1	2
П12	<p>Если заданы допуски перпендикулярности плоскости <math>\Pi_{12}</math> относительно плоскости <math>P_i</math> и допуск углового расположения относительно <math>P_{j(k)}</math>, а численное значение допуска перпендикулярности относительно плоскости <math>P_i</math> меньше численного значения допуска углового расположения относительно плоскости <math>P_{j(k)}</math>, то плоскость <math>P_i</math> назначается тройной однонаправленной базой, плоскость <math>P_{j(k)}</math> – двойной однонаправленной, плоскость <math>P_{k(j)}</math> – одиночной. В том случае если численное значение допуска углового расположения меньше численного значения допуска параллельности, то в качестве тройной однонаправленной базы назначается плоскость <math>P_{j(k)}</math>, двойной однонаправленной – <math>P_i</math>, одиночной – <math>P_{k(j)}</math>. Аналогично определяются компоненты комплекта, если задан допуск перпендикулярности плоскости относительно плоскостей <math>P_j</math> и <math>P_k</math>, углового расположения относительно <math>P_{i(k)}</math> и <math>P_{i(j)}</math>.</p> <p> <math>\exists (P_i \perp P_j \perp P_k) \wedge ((\Pi_{12} \perp P_i) \vee (\Pi_{12} \angle P_{j(k)})) \vee ((\Pi_{12} \perp P_j) \vee (\Pi_{12} \angle P_{k(i)})) \vee ((\Pi_{12} \perp P_k) \vee (\Pi_{12} \angle P_{j(i)}))</math>  <math>T \perp \Pi_{12} \rightarrow P_i &lt; T \angle O_{12} \rightarrow P_{j(k)} \Rightarrow P_i = 3OH; P_{j(k)} = 2OH; P_{k(j)} = 1B;</math>  <math>T \perp \Pi_{12} \rightarrow P_j &lt; T \angle O_{12} \rightarrow P_{k(i)} \Rightarrow P_j = 3OH; P_{k(j)} = 2OH; P_{j(k)} = 1B;</math>  <math>T \perp \Pi_{12} \rightarrow P_k &lt; T \angle O_{12} \rightarrow P_{j(i)} \Rightarrow P_k = 3OH; P_{j(i)} = 2OH; P_{i(j)} = 1B;</math>  <math>T \perp \Pi_{12} \rightarrow P_i &gt; T \angle O_{12} \rightarrow P_{j(k)} \Rightarrow P_i = 2OH; P_{j(k)} = 3OH; P_{k(j)} = 1B;</math>  <math>T \perp \Pi_{12} \rightarrow P_j &gt; T \angle O_{12} \rightarrow P_{k(i)} \Rightarrow P_j = 2OH; P_{k(j)} = 3OH; P_{j(k)} = 1B;</math>  <math>T \perp \Pi_{12} \rightarrow P_k &gt; T \angle O_{12} \rightarrow P_{j(i)} \Rightarrow P_k = 2OH; P_{j(i)} = 3OH; P_{i(j)} = 1B</math> </p>

Таблица П.В.2 – Алгоритмы назначения вида компонента комплекта технологических баз №2

Правило	Содержание
1	2
O20	<p>Если существует комплект технологических баз, состоящий из двух взаимно перпендикулярных плоскостей <math>P_i \perp P_j</math> и оси <math>(O_1 \perp P_j) \wedge (O_1 // P_i)</math> перпендикулярной одной из них (параллельной другой) и задан допуск перпендикулярности оси <math>O_{20}</math> относительно плоскости <math>P_i</math>, то плоскость <math>P_i</math> назначается тройной однонаправленной базой, плоскость <math>P_j</math> – двойной однонаправленной, ось <math>O_1</math> – одиночной. В частном случае, если плоскость <math>P_j</math> совпадает с осью <math>O_1</math>, то плоскость <math>P_i</math> назначается тройной однонаправленной базой, ось <math>O_1</math> назначается двойной разнонаправленной (двойной опорной) базой, а плоскость <math>P_j</math> – одиночной.</p> <p> <math>\exists (P_i \perp P_j) \wedge ((O_1 \perp P_j) \wedge (O_1 // P_i)) \wedge (O_{20} \perp P_i)</math>  <math>T \perp O_{20} \rightarrow P_j \Rightarrow P_j = 3OH; P_i = 2OH; O_1 = 1B;</math> </p>

	$T \perp O_{20} \rightarrow P_j \wedge O_{20} \subset P_i \Rightarrow P_i = 3\text{ОН}; O_i = 2\text{РН}; P_i = 1\text{Б}$
--	--

Продолжение таблицы П.В.2

1	2
O21	<p>Если задан допуск перпендикулярности оси <math>O_{21}</math> относительно плоскости <math>P_j</math>, а допуск линейного размера относительно <math>P_i</math> меньше допуска линейного размера относительно <math>O_1</math>, то плоскость <math>P_j</math> назначается тройной однонаправленной базой, плоскость <math>P_i</math> – двойной однонаправленной, ось <math>O_1</math> – одиночной. Если допуск линейного размера относительно <math>P_i</math> больше допуска линейного размера относительно <math>O_1</math>, то плоскость <math>P_j</math> назначается тройной однонаправленной базой, ось <math>O_1</math> – двойной однонаправленной, плоскость <math>P_i</math> – одиночной базами. В частном случае, если плоскость <math>P_j</math> совпадает с осью <math>O_1</math>, то ось <math>O_1</math> назначается четверной (двойной направляющей) базой, плоскости <math>P_j</math> и <math>P_i</math> назначаются одиночными базами.</p> <p><math>\exists (P_i \perp P_j) \wedge ((O_1 \perp P_j) \wedge (O_1 // P_i)) \wedge (O_{21} \perp P_i)</math>  <math>T \perp O_{21} \rightarrow P_i \quad TX(P_j) &lt; TY(O_1) \Rightarrow P_i = 3\text{ОН}; P_j = 2\text{ОН}; O_1 = 1\text{Б};</math>  <math>T \perp O_{21} \rightarrow P_i \quad TX(P_j) &gt; TY(O_1) \Rightarrow P_i = 3\text{ОН}; O_1 = 2\text{ОН}; P_i = 1\text{Б};</math>  <math>T \perp O_{21} \rightarrow P_i \wedge O_{20} \subset P_i \Rightarrow O_1 = 4\text{Б}; P_j = 1\text{Б}; P_i = 1\text{Б}</math></p>
O22	<p>Если задан допуск параллельности оси <math>O_{22}</math> относительно оси <math>O_1</math>, то ось <math>O_1</math> назначается четверной базой, плоскости <math>P_i</math> и <math>P_j</math> назначаются одиночными базами. В частности, точка пересечения <math>P_i</math> и <math>O_1</math> может быть тройной одиночной базой (в зависимости от возможной реализации), ось <math>O_1</math> – двойной разнонаправленной, а <math>P_j</math> – одиночной.</p> <p><math>\exists (P_i \perp P_j) \wedge ((O_1 \perp P_j) \wedge (O_1 // P_i)) \wedge O_{22} // O_1</math>  <math>T // O_{22} \rightarrow O_1 \Rightarrow O_1 = 4\text{Б}; P_i = 1\text{Б}; P_j = 1\text{Б}</math></p>
O23	<p>Если задан допуск перпендикулярности оси <math>O_{23}</math> относительно <math>O_1</math> и параллельности относительно <math>P_j</math>, то плоскость <math>P_j</math> назначается тройной однонаправленной базой, ось <math>O_1</math> – двойной однонаправленной, плоскость <math>P_i</math> – одиночной.</p> <p><math>\exists (P_i \perp P_j) \wedge ((O_1 \perp P_j) \wedge (O_1 // P_i)) \wedge (O_{23} // P_i) \wedge (O_{23} \perp O_1)</math>  <math>T // O_{23} \rightarrow P_i \wedge T \perp O_{23} \rightarrow O_1 \Rightarrow P_i = 3\text{ОН}; O_1 = 2\text{ОН}; P_j = 1\text{Б}</math></p>
O24	<p>Если заданы допуски параллельности оси <math>O_{24}</math> относительно плоскостей <math>P_i</math> и <math>P_j</math>, а численное значение допуска параллельности оси относительно плоскости <math>P_{i(j)}</math> меньше численного значения допуска параллельности оси относительно плоскости <math>P_{j(i)}</math>, то плоскость <math>P_{i(j)}</math> назначается тройной однонаправленной базой, плоскость <math>P_{j(i)}</math> – двойной однонаправленной, ось <math>O_1</math> – одиночной. В частном случае, если плоскость <math>P_j</math> совпадает с осью <math>O_1</math>, то плоскость <math>P_i</math> назначается тройной однонаправленной базой, ось <math>O_1</math> назначается двойной разнонаправленной базой, а плоскость <math>P_j</math> – одиночной.</p>

	$\exists(P_i \perp P_j) \wedge ((O_1 \perp P_j) \wedge (O_1 // P_i)) \wedge (O_{24} // P_j) \wedge (O_{24} // P_i)$ $T // O_{24} \rightarrow P_j <(>) T // O_{24} \rightarrow P_i \Rightarrow P_{j(i)} = 3\text{ОН}; P_{i(j)} = 2\text{ОН}; O_1 = 1\text{Б};$ $T // O_{24} \rightarrow P_j <(>) T // O_{24} \rightarrow P_i \wedge O_1 \subset P_i \Rightarrow O_1 = 2\text{РН}; P_j = 3\text{ОН}; P_i = 1\text{Б}$
--	---

Продолжение таблицы П.В.2

1	2
O25	<p>Если заданы допуски параллельности оси <math>O_{25}</math> относительно плоскости <math>P_j</math> и допуск углового расположения относительно плоскости <math>P_i</math>, а численное значение допуска параллельности оси относительно плоскости <math>P_j</math> больше численного значения допуска углового расположения относительно плоскости <math>P_i</math>, то плоскость <math>P_i</math> назначается тройной однонаправленной базой, плоскость <math>P_j</math> – двойной однонаправленной, ось <math>O_1</math> – одиночной. В частном случае, если плоскость <math>P_j</math> совпадает с осью <math>O_1</math>, то плоскость <math>P_i</math> назначается тройной однонаправленной базой, ось <math>O_1</math> назначается двойной разнонаправленной базой, а плоскость <math>P_j</math> – одиночной. Если численное значение допуска параллельности оси относительно плоскости <math>P_j</math> меньше численного значения допуска углового расположения относительно плоскости <math>P_i</math>, то плоскость <math>P_j</math> назначается тройной однонаправленной базой, плоскость <math>P_i</math> – двойной однонаправленной, ось <math>O_1</math> – одиночной.</p> $\exists(P_i \perp P_j) \wedge ((O_1 \perp P_j) \wedge (O_1 // P_i)) \wedge (O_{25} \angle P_j) \wedge (O_{25} // P_i)$ $T \angle O_{25} \rightarrow P_j <(>) T // O_{25} \rightarrow P_i \Rightarrow P_{j(i)} = 3\text{ОН}; P_{i(j)} = 2\text{ОН}; O_1 = 1\text{Б};$ $T \angle O_{25} \rightarrow P_j <(>) T // O_{25} \rightarrow P_i \wedge O_1 \subset P_i \Rightarrow O_1 = 2\text{РН}; P_j = 3\text{ОН}; P_i = 1\text{Б}$
O27	<p>Если заданы допуски параллельности оси <math>O_{27}</math> относительно плоскости <math>P_j</math> и допуск углового расположения относительно оси <math>O_1</math>, то плоскость <math>P_j</math> назначается тройной однонаправленной базой, ось <math>O_1</math> – двойной однонаправленной, плоскость <math>P_i</math> – одиночной. В частном случае, если плоскость <math>P_j</math> совпадает с осью <math>O_1</math>, то ось <math>O_1</math> назначается четверной базой, а плоскости <math>P_j</math> и <math>P_i</math> – одиночными.</p> $\exists(P_i \perp P_j) \wedge ((O_1 \perp P_j) \wedge (O_1 // P_i)) \wedge (O_{26} \angle O_1) \wedge (O_{26} // P_i)$ $T \angle O_{26} \rightarrow O_1 \wedge T // O_{26} \rightarrow P_i \Rightarrow P_i = 3\text{ОН}; O_1 = 2\text{ОН}; P_j = 1\text{Б};$ $T \angle O_{26} \rightarrow O_1 \wedge T // O_{26} \rightarrow P_i \wedge O_1 \subset P_i \Rightarrow O_1 = 4\text{Б}; P_i = 1\text{Б}; P_j = 1\text{Б}$
O29	<p>Если заданы допуски параллельности оси <math>O_{29}</math> относительно плоскости <math>P_i</math> и допуск углового расположения относительно плоскости <math>P_j</math>, а численное значение допуска параллельности оси относительно плоскости <math>P_i</math> меньше численного значения допуска углового расположения относительно плоскости <math>P_j</math>, то плоскость <math>P_i</math> назначается тройной однонаправленной базой, плоскость <math>P_j</math> – двойной однонаправленной, ось <math>O_1</math> – одиночной. В частном случае, если плоскость <math>P_j</math> совпадает с осью <math>O_1</math>, то <math>O_1</math> назначается двойной разнонаправленной базой, а плоскости <math>P_j</math> и <math>P_i</math> – одиночной и тройной однонаправленной соответственно. Если численное значение допуска параллельности оси относительно плоскости <math>P_i</math> больше численного значения допуска углового расположения относительно плоскости <math>P_j</math>, то плоскость <math>P_j</math> назначается тройной однонаправленной базой, плоскость <math>P_i</math> – двойной однонаправленной, ось <math>O_1</math> – одиночной.</p>

	$\exists (P_i \perp P_j) \wedge ((O_1 \perp P_j) \wedge (O_1 // P_i)) \wedge (O_{29} \angle P_i) \wedge (O_{29} // P_j)$ $T \angle O_{29} \rightarrow P_i <(>) T // O_{29} \rightarrow P_j \Rightarrow P_{j(i)} = 3OH; P_{i(j)} = 2OH; O_1 = 1B;$ $T \angle O_{29} \rightarrow P_i <(>) T // O_{29} \rightarrow P_j \wedge O_1 \subset P_i \Rightarrow O_1 = 2PH; P_j = 3OH; P_i = 1B$
--	--

Продолжение таблицы П.В.2

1	2
П20	<p>Если заданы допуски перпендикулярности плоскости <math>\Pi_{20}</math> относительно плоскостей <math>P_i</math> и <math>P_j</math>, а численное значение допуска перпендикулярности относительно плоскости <math>P_i</math> меньше численного значения допуска перпендикулярности относительно плоскости <math>P_j</math>, то плоскость <math>P_i</math> назначается тройной однонаправленной базой, плоскость <math>P_j</math> – двойной однонаправленной, ось <math>O_1</math> – одиночной. В том случае если численное значение допуска перпендикулярности относительно плоскости <math>P_i</math> больше численного значения допуска перпендикулярности относительно плоскости <math>P_j</math>, то в качестве тройной однонаправленной базы назначается плоскость <math>P_j</math>, двойной однонаправленной – <math>P_i</math>, одиночной – ось <math>O_1</math>. В частном случае, если плоскость <math>P_j</math> совпадает с осью <math>O_1</math>, то <math>O_1</math> назначается двойной разнонаправленной базой, а плоскости <math>P_j</math> и <math>P_i</math> – одиночной и тройной однонаправленной соответственно.</p> $\exists (P_i \perp P_j) \wedge ((O_1 \perp P_j) \wedge (O_1 // P_i)) \wedge (\Pi_{20} \perp P_i) \wedge (\Pi_{20} \perp P_j)$ $T \perp \Pi_{20} \rightarrow P_i <(>) T \perp \Pi_{20} \rightarrow P_j \Rightarrow P_{j(i)} = 3OH; P_{i(j)} = 2OH; O_1 = 1B;$ $T \perp \Pi_{20} \rightarrow P_{i(j)} <(>) T \perp \Pi_{20} \rightarrow P_{i(j)} \wedge O_1 \subset P_i \Rightarrow O_1 = 2PH; P_j = 3OH; P_i = 1B$
П21	<p>Если задан допуск параллельности плоскости <math>\Pi_{21}</math> относительно плоскости <math>P_j</math>, то плоскость <math>P_j</math> назначается тройной однонаправленной базой, плоскость <math>P_i</math> – двойной однонаправленной, ось <math>O_1</math> – одиночной. В частном случае, если плоскость <math>P_j</math> совпадает с осью <math>O_1</math>, то <math>O_1</math> назначается четверной базой, а плоскости <math>P_j</math> и <math>P_i</math> – одиночными.</p> $\exists (P_i \perp P_j) \wedge ((O_1 \perp P_j) \wedge (O_1 // P_i)) \wedge (\Pi_{21} // P_j)$ $T // \Pi_{21} \rightarrow P_j \Rightarrow P_j = 3OH; P_i = 2OH; O_1 = 1B;$ $T // \Pi_{21} \rightarrow P_j \wedge O_1 \subset P_i \Rightarrow O_1 = 2PH; P_j = 3OH; P_i = 1B$
П22	<p>Если задан допуск параллельности плоскости <math>\Pi_{22}</math> относительно плоскости <math>P_i</math>, то плоскость <math>P_i</math> назначается тройной однонаправленной базой, плоскость <math>P_j</math> – двойной однонаправленной, ось <math>O_1</math> – одиночной. В частном случае, если плоскость <math>P_j</math> совпадает с осью <math>O_1</math>, то плоскость <math>P_i</math> назначается тройной однонаправленной базой, ось <math>O_1</math> назначается двойной разнонаправленной базой, а плоскости <math>P_j</math> – одиночной.</p> $\exists (P_i \perp P_j) \wedge ((O_1 \perp P_j) \wedge (O_1 // P_i)) \wedge (\Pi_{22} // P_i)$ $T // \Pi_{22} \rightarrow P_i \Rightarrow P_i = 3OH; P_j = 2OH; O_1 = 1B;$ $T // \Pi_{22} \rightarrow P_i \wedge O_1 \subset P_j \Rightarrow O_1 = 2PH; P_i = 3OH; P_j = 1B$
П23	<p>Если задан допуск перпендикулярности плоскости <math>\Pi_{23}</math> относительно оси <math>O_1</math>, то ось <math>O_1</math> назначается четверной базой, плоскости <math>P_i</math> и <math>P_j</math> назна-</p>

	<p>чаются одиночными базами.</p> $\exists (P_i \perp P_j) \wedge ((O_1 \perp P_j) \wedge (O_1 // P_i)) \wedge (\Pi_{23} \perp O_1)$ $T \perp \Pi_{23} \rightarrow O_1 \Rightarrow O_1 = 4Б; P_i = 1Б; P_j = 1Б$
--	---

Продолжение таблицы П.В.2

1	2
П24	<p>Если задан допуск параллельности плоскости <math>\Pi_{24}</math> относительно <math>O_1</math> и перпендикулярности относительно <math>P_j</math>, то плоскость <math>P_j</math> назначается тройной однонаправленной базой, ось <math>O_1</math> – двойной однонаправленной, плоскость <math>P_i</math> – одиночной. В частном случае, если плоскость <math>P_j</math> совпадает с осью <math>O_1</math>, то <math>O_1</math> назначается четверной базой, а плоскости <math>P_i</math> и <math>P_j</math> – одиночными.</p> $\exists (P_i \perp P_j) \wedge ((O_1 \perp P_j) \wedge (O_1 // P_i)) \wedge (\Pi_{24} // O_1) \wedge (\Pi_{24} \perp P_j)$ $T // \Pi_{24} \rightarrow O_1 \wedge T \perp \Pi_{24} \rightarrow P_j \Rightarrow P_j = 3ОН; O_1 = 2ОН; P_i = 1Б;$ $T // \Pi_{24} \rightarrow O_1 \wedge T \perp \Pi_{24} \rightarrow P_j \wedge O_1 \subset P_i \Rightarrow O_1 = 4Б; P_i = 1Б; P_j = 1Б$
П25	<p>Если заданы допуски перпендикулярности плоскости <math>\Pi_{25}</math> относительно плоскости <math>P_j</math> и допуск углового расположения относительно плоскости <math>P_i</math>, а численное значение допуска параллельности оси относительно плоскости <math>P_j</math> больше численного значения допуска углового расположения относительно плоскости <math>P_i</math>, то плоскость <math>P_i</math> назначается тройной однонаправленной базой, плоскость <math>P_j</math> – двойной однонаправленной, ось <math>O_1</math> – одиночной. В частном случае, если плоскость <math>P_j</math> совпадает с осью <math>O_1</math>, то плоскость <math>P_i</math> назначается тройной однонаправленной базой, ось <math>O_1</math> назначается двойной разнонаправленной базой, а плоскость <math>P_j</math> – одиночной. Если численное значение допуска перпендикулярности относительно плоскости <math>P_j</math> меньше численного значения допуска углового расположения относительно плоскости <math>P_i</math>, то плоскость <math>P_j</math> назначается тройной однонаправленной базой, плоскость <math>P_i</math> – двойной однонаправленной, ось <math>O_1</math> – одиночной.</p> $\exists (P_i \perp P_j) \wedge ((O_1 \perp P_j) \wedge (O_1 // P_i)) \wedge (\Pi_{25} \angle P_j) \wedge (\Pi_{25} // P_i)$ $T \angle \Pi_{25} \rightarrow P_j <(>) T // \Pi_{25} \rightarrow P_i \Rightarrow P_{j(i)} = 3ОН; P_{i(j)} = 2ОН; O_1 = 1Б;$ $T \angle \Pi_{25} \rightarrow P_j <(>) T // \Pi_{25} \rightarrow P_i \wedge O_1 \subset P_i \Rightarrow O_1 = 2РН; P_j = 3ОН; P_i = 1Б$
П26	<p>Если заданы допуски перпендикулярности <math>\Pi_{26}</math> относительно плоскости <math>P_i</math> и допуск углового расположения относительно плоскости <math>P_j</math>, а численное значение допуска перпендикулярности относительно плоскости <math>P_i</math> меньше численного значения допуска углового расположения относительно плоскости <math>P_j</math>, то плоскость <math>P_i</math> назначается тройной однонаправленной базой, плоскость <math>P_j</math> – двойной однонаправленной, ось <math>O_1</math> – одиночной. В частном случае, если плоскость <math>P_j</math> совпадает с осью <math>O_1</math>, то <math>O_1</math> назначается двойной разнонаправленной базой, а плоскости <math>P_j</math> и <math>P_i</math> – одиночной и тройной однонаправленной соответственно. Если численное значение допуска перпендикулярности относительно плоскости <math>P_i</math> больше численного значения допуска углового расположения относительно плоскости <math>P_j</math>, то плоскость <math>P_j</math> назначается тройной однонаправленной базой, плоскость <math>P_i</math> – двойной</p>

	<p>однонаправленной, ось <math>O_1</math> – одиночной. В частном случае, если плоскость <math>P_j</math> совпадает с осью <math>O_1</math>, то <math>O_1</math> назначается четверной базой, а плоскости <math>P_j</math> и <math>P_i</math> – одиночными.</p> $\exists (P_i \perp P_j) \wedge ((O_1 \perp P_j) \wedge (O_1 // P_i)) \wedge (\Pi_{26} \angle P_i) \wedge (\Pi_{26} \perp P_i)$ $T \angle \Pi_{26} \rightarrow P_i < (>) T \perp \Pi_{26} \rightarrow P_i \Rightarrow P_{i(j)} = 3OH; P_{j(i)} = 2OH; O_1 = 1Б;$ $T \angle \Pi_{26} \rightarrow P_j < (>) T \perp \Pi_{26} \rightarrow P_i \wedge O_1 \subset P_i \Rightarrow O_1 = 2PH; P_i = 3OH; P_j = 1Б$
--	--

Окончание таблицы П.В.2

1	2
П27	<p>Если заданы допуски перпендикулярности плоскости <math>\Pi_{27}</math> относительно плоскости <math>P_j</math> и допуск углового расположения относительно оси <math>O_1</math>, а численное значение допуска перпендикулярности относительно плоскости <math>P_j</math> меньше численного значения допуска углового расположения относительно оси <math>O_1</math>, то плоскость <math>P_j</math> назначается тройной однонаправленной базой, ось <math>O_1</math> – двойной однонаправленной, плоскость <math>P_i</math> – одиночной. В частном случае, если плоскость <math>P_j</math> совпадает с осью <math>O_1</math>, то ось <math>O_1</math> назначается четверной базой, а плоскости <math>P_i</math> и <math>P_j</math> – одиночными.</p> $\exists (P_i \perp P_j) \wedge ((O_1 \perp P_j) \wedge (O_1 // P_i)) \wedge (\Pi_{27} \angle O_1) \wedge (\Pi_{27} \perp P_i)$ $T \angle \Pi_{27} \rightarrow O_1 < (>) T \perp \Pi_{27} \rightarrow P_i \Rightarrow P_i = 3OH; O_1 = 2OH; P_j = 1Б;$ $T \angle \Pi_{27} \rightarrow O_1 < (>) T \perp \Pi_{27} \rightarrow P_i \wedge O_1 \subset P_i \Rightarrow O_1 = 4Б; P_j = 1Б; P_i = 1Б$

Таблица П.В.3 – Алгоритмы назначения вида компонента комплекта технологических баз №3

Правило	Содержание
1	2
О30	<p>Если существует комплект технологических баз, состоящий из плоскости <math>P_i</math> и двух параллельных осей перпендикулярных плоскости <math>P_i</math>, то есть <math>(O_l // O_n) \perp P_i</math> и задан допуск перпендикулярности оси <math>O_{30}</math> относительно плоскости <math>P_i</math>, то плоскость <math>P_j</math> назначается тройной однонаправленной базой, одна из осей – двойной разнонаправленной, вторая – одиночной.</p> $\exists (O_l \perp P_i \wedge O_n \perp P_i) \wedge (O_{30} \perp P_i)$ $T \perp O_{30} \rightarrow P_i \Rightarrow P_i = 3OH; O_{l(n)} = 2PH; O_{n(l)} = 1Б$
О31	<p>Если задан допуск параллельности оси <math>O_{31}</math> относительно оси <math>O_{l(n)}</math>, то ось <math>O_{l(n)}</math> назначается четверной базой, ось <math>O_{n(l)}</math> и плоскость <math>P_i</math> назначаются одиночными базами.</p> $\exists (O_l \perp P_i \wedge O_n \perp P_i) \wedge (O_{31} // O_{l(n)})$ $T // O_{31} \rightarrow O_{l(n)} \Rightarrow O_{l(n)} = 4Б; O_{n(l)} = 1Б; P_i = 1Б$
О32	<p>Если задан допуск перпендикулярности оси <math>O_{32}</math> относительно плоско-</p>

	<p>сти, проходящей через две оси <math>\{O_1O_n\}</math>, то ось, от которой задан размер до обрабатываемой оси, назначается четверной базой, другая ось и плоскость назначаются одиночными базами.</p> $\exists (O_1 \perp P_i \wedge O_n \perp P_i) \wedge (O_{32} \perp \{O_1O_n\})$ $T \perp O_{32} \rightarrow \{O_1O_n\} \Rightarrow O_{l(n)}=4Б; O_{n(l)}=1Б; P_i=1Б$
--	--

Продолжение таблицы П.В.3

1	2
О33	<p>Если заданы допуски параллельности оси <math>O_{33}</math> относительно плоскостей <math>P_i</math> и плоскости проходящей через две оси <math>\{O_1O_n\}</math>, то плоскость <math>P_i</math> назначается тройной однонаправленной базой, одна из осей двойной разнонаправленной, вторая одиночной.</p> $\exists (O_1 \perp P_i \wedge O_n \perp P_i) \wedge (O_{33} // \{O_1O_n\} \wedge O_{33} // P_i)$ $T // O_{33} \rightarrow \{O_1O_n\} \wedge T // O_{33} \rightarrow P_i \Rightarrow P_i=3ОН; O_{l(n)}=2РН; O_{n(l)}=1Б$
О34	<p>Если заданы допуски параллельности оси <math>O_{34}</math> относительно плоскости, проходящей через две оси <math>\{O_1O_n\}</math>, и допуск углового расположения относительно плоскости <math>P_i</math>, то плоскость <math>P_i</math> назначается тройной однонаправленной базой, одна из осей – двойной разнонаправленной, вторая – одиночной.</p> $\exists (O_1 \perp P_i \wedge O_n \perp P_i) \wedge (O_{34} // \{O_1O_n\} \wedge O_{34} \angle P_i)$ $T // O_{34} \rightarrow \{O_1O_n\} \wedge T \angle O_{34} \rightarrow P_i \Rightarrow P_i=3ОН; O_{l(n)}=2РН; O_{n(l)}=1Б$
О36	<p>Если заданы допуски параллельности оси <math>O_{36}</math> относительно плоскости <math>\{O_1O_n\}</math> и допуск углового расположения относительно оси <math>O_{l(n)}</math>, то ось <math>O_{l(n)}</math> назначается четверной базой, одна из осей и плоскость <math>P_i</math> – одиночными.</p> $\exists (O_1 \perp P_i \wedge O_n \perp P_i) \wedge (O_{36} // \{O_1O_n\} \wedge O_{36} \angle O_{l(n)})$ $T // O_{36} \rightarrow \{O_1O_n\} \wedge T \angle O_{36} \rightarrow O_{l(n)} \Rightarrow O_{l(n)}=4Б; O_{n(l)}=1Б; P_i=1Б$
П30	<p>Если заданы допуски перпендикулярности плоскости <math>\Pi_{30}</math> относительно плоскости <math>\{O_1O_n\}</math> и <math>P_i</math> и численное значение допуска перпендикулярности относительно <math>P_i</math> меньше численного значения допуска перпендикулярности относительно <math>\{O_1O_n\}</math>, то плоскость <math>P_i</math> назначается тройной однонаправленной базой, одна из осей, от которой задан размер, – двойной разнонаправленной, вторая – одиночной. Если численное значение допуска перпендикулярности относительно <math>P_i</math> больше численного значения допуска перпендикулярности относительно <math>\{O_1O_n\}</math>, то плоскость <math>\{O_1O_n\}</math> назначается тройной однонаправленной базой, <math>P_i</math> – двойной однонаправленной, одна из осей, от которой задан размер – одиночной.</p> $\exists (O_1 \perp P_i \wedge O_n \perp P_i) \wedge (\Pi_{30} \perp \{O_1O_n\} \wedge \Pi_{30} \perp P_i)$ $T \perp \Pi_{30} \rightarrow \{O_1O_n\} > T \perp \Pi_{30} \rightarrow P_i \Rightarrow P_i=3ОН; O_{l(n)}=2РН; O_{n(l)}=1Б;$

	$T \perp \Pi_{30} \rightarrow \{O_1 O_n\} < T \perp \Pi_{30} \rightarrow P_i \Rightarrow \{O_1 O_n\} = 3OH; P_i = 2OH; O_{n(l)} = 1Б$
ПЗ1	<p>Если задан допуск параллельности плоскости <math>\Pi_{31}</math> относительно плоскости <math>\{O_1 O_n\}</math>, то одна из осей назначается четверной базой, вторая ось и плоскость <math>P_i</math> назначаются одиночными базами.</p> $\exists (O_1 \perp P_i \wedge O_n \perp P_i) \wedge (\Pi_{31} // \{O_1 O_n\})$ $T // \Pi_{31} \rightarrow \{O_1 O_n\} \Rightarrow O_{l(n)} = 4Б; O_{n(l)} = 1Б; P_i = 1Б$

Окончание таблицы П.В.3

1	2
ПЗ2	<p>Если задан допуск параллельности плоскости <math>\Pi_{32}</math> относительно плоскости <math>P_i</math>, то плоскость <math>P_i</math> назначается тройной однонаправленной базой, одна из осей – двойной разнонаправленной, вторая – одиночной.</p> $\exists (O_1 \perp P_i \wedge O_n \perp P_i) \wedge (\Pi_{32} // P_i)$ $T // \Pi_{32} \rightarrow P_i \Rightarrow P_i = 3OH; O_{l(n)} = 2PH; O_{n(l)} = 1Б$
ПЗ3	<p>Если задан допуск перпендикулярности плоскости <math>\Pi_{33}</math> относительно одной оси, то эта ось назначается четверной базой, вторая ось и плоскость <math>P_i</math> назначаются одиночными базами.</p> $\exists (O_1 \perp P_i \wedge O_n \perp P_i) \wedge (\Pi_{33} \perp O_{l(n)})$ $T \perp \Pi_{33} \rightarrow O_{l(n)} \Rightarrow O_{l(n)} = 4Б; O_{n(l)} = 1Б; P_i = 1Б$
ПЗ4	<p>Если заданы допуски перпендикулярности плоскости <math>\Pi_{34}</math> относительно плоскости <math>P_i</math> и углового расположения относительно плоскости <math>\{O_1 O_n\}</math> и численное значение допуска перпендикулярности относительно <math>P_i</math> меньше численного значения допуска углового расположения относительно <math>\{O_1 O_n\}</math>, то плоскость <math>P_i</math> назначается тройной однонаправленной базой, одна из осей, от которой задан размер, – двойной разнонаправленной, вторая – одиночной. Если численное значение допуска перпендикулярности относительно <math>P_i</math> больше численного значения допуска углового расположения относительно <math>\{O_1 O_n\}</math>, то плоскость <math>\{O_1 O_n\}</math> назначается тройной однонаправленной базой, <math>P_i</math> – двойной однонаправленной, одна из осей, от которой задан размер, – одиночной.</p> $\exists (O_1 \perp P_i \wedge O_n \perp P_i) \wedge (\Pi_{34} \angle \{O_1 O_n\} \wedge \Pi_{34} \perp P_i)$ $T \angle \Pi_{34} \rightarrow \{O_1 O_n\} > T \perp \Pi_{34} \rightarrow P_i \Rightarrow P_i = 3OH; O_{l(n)} = 2PH; O_{n(l)} = 1Б;$ $T \angle \Pi_{30} \rightarrow \{O_1 O_n\} < T \perp \Pi_{30} \rightarrow P_i \Rightarrow \{O_1 O_n\} = 3OH; P_i = 2OH; O_{n(l)} = 1Б$
ПЗ5	<p>Если заданы допуски перпендикулярности плоскости <math>\Pi_{35}</math> относительно плоскости <math>\{O_1 O_n\}</math> и углового расположения относительно плоскости <math>P_i</math> <math>\{O_1 O_n\}</math> и численное значение допуска углового расположения относительно <math>P_i</math> меньше численного значения допуска перпендикулярности относительно <math>\{O_1 O_n\}</math>, то плоскость <math>P_i</math> назначается тройной однонаправленной базой, одна из осей, от которой задан размер, – двойной разнонаправленной, вторая – одиночной. Если численное значение допуска</p>

	<p>углового расположения относительно <math>P_i</math> больше численного значения допуска перпендикулярности относительно <math>\{O_1O_n\}</math>, то плоскость <math>\{O_1O_n\}</math> назначается тройной однонаправленной базой, <math>P_i</math> – двойной однонаправленной, одна из осей, от которой задан размер, – одиночной.</p> <p><math>\exists (O_1 \perp P_i \wedge O_n \perp P_i) \wedge (\Pi_{35} \perp \{O_1O_n\} \wedge \Pi_{35} \angle P_i)</math></p> <p><math>T \perp \Pi_{35} \rightarrow \{O_1O_n\} &gt; T \angle \Pi_{35} \rightarrow P_i \Rightarrow P_i = 3OH; O_{l(n)} = 2PH; O_{n(l)} = 1B;</math></p> <p><math>T \perp \Pi_{30} \rightarrow \{O_1O_n\} &lt; T \angle \Pi_{30} \rightarrow P_i \Rightarrow \{O_1O_n\} = 3OH; P_i = 2OH; O_{n(l)} = 1B</math></p>
--	--

Таблица П.В.4 – Алгоритмы назначения вида компонента комплекта технологических баз №4

Пра-вилo	Содержание
1	2
O40	<p>Если существует комплект технологических баз, состоящий из плоскости <math>P_i</math> и двух осей, одна из которых <math>O_n</math> перпендикулярна плоскости <math>P_i</math>, а другая <math>O_1</math> параллельна и задан допуск перпендикулярности оси <math>O_{40}</math> относительно плоскости <math>P_i</math>, то плоскость <math>P_i</math> назначается тройной однонаправленной базой, ось <math>O_1</math> – двойной однонаправленной, <math>O_n</math> – одиночной. В том случае, если ось <math>O_1</math> лежит в плоскости <math>P_i</math>, то ось назначается четверной базой, а другая ось и плоскость – одиночными.</p> <p><math>\exists (O_n \perp P_i) \wedge (O_1 // P_i) \wedge (O_{40} \perp P_i) \wedge (O_{40} \perp P_i)</math></p> <p><math>T \perp O_{40} \rightarrow P_i \Rightarrow P_i = 3OH; O_1 = 2OH; O_n = 1B;</math></p> <p><math>T \perp O_{40} \rightarrow P_i \wedge P_i \subset O_1 \Rightarrow O_1 = 4B; O_n = 1B; P_i = 1B</math></p>
O41	<p>Если задан допуск перпендикулярности оси <math>O_{41}</math> относительно оси <math>O_1</math> и параллельности относительно плоскости <math>P_i</math>, то плоскость <math>P_i</math> назначается тройной однонаправленной базой, ось <math>O_1</math> – двойной однонаправленной, <math>O_n</math> – одиночной. В том случае, если ось <math>O_1</math> лежит в плоскости <math>P_i</math>, то указанная ось назначается четверной базой, а другая ось и плоскость – одиночными.</p> <p><math>\exists (O_n \perp P_i) \wedge (O_1 // P_i) \wedge (O_{41} \perp O_1 \wedge O_{41} // P_i)</math></p> <p><math>T \perp O_{41} \rightarrow O_1 \wedge T // O_{41} \rightarrow P_i \Rightarrow P_i = 3OH; O_1 = 2OH; O_n = 1B;</math></p> <p><math>T \perp O_{41} \rightarrow P_i \wedge T // O_{41} \rightarrow P_i \wedge P_i \subset O_1 \Rightarrow O_1 = 4B; O_n = 1B; P_i = 1B</math></p>
O42	<p>Если задан допуск параллельности оси <math>O_{42}</math> относительно оси <math>O_1</math>, то ось <math>O_1</math> назначается четверной базой, <math>O_n</math> и <math>P_i</math> – одиночными. В частности, если плоскость совпадает с <math>O_n</math>, то <math>O_n</math> принимается в качестве двойной разнонаправленной базы.</p> <p><math>\exists (O_n \perp P_i) \wedge (O_1 // P_i) \wedge (O_{42} // O_n)</math></p> <p><math>T // O_{42} \rightarrow O_n \Rightarrow O_n = 4B; P_i = 1B; O_1 = 1B;</math></p> <p><math>T // O_{42} \rightarrow O_n \wedge P_i \subset O_1 \Rightarrow O_1 = 4B; O_n = 2PH</math></p>
O43	<p>Если задан допуск параллельности оси <math>O_{43}</math> относительно оси <math>O_n</math>, то ось <math>O_n</math> назначается четверной базой, <math>O_1</math> и <math>P_i</math> – одиночными. В частности, если плоскость совпадает с <math>O_1</math>, то <math>O_1</math> принимается в качестве двойной разнонаправленной базы.</p>

	$\exists (O_n \perp P_i) \wedge (O_1 // P_i) \wedge (O_{43} // O_1)$ $T // O_{43} \rightarrow O_1 \Rightarrow O_1 = 4Б; P_i = 1Б; O_n = 1Б;$ $T // O_{43} \rightarrow O_1 \wedge P_i \subset O_1 \Rightarrow O_1 = 4Б; O_n = 2РН$
О44	<p>Если задан допуск перпендикулярности оси <math>O_{44}</math> относительно осей <math>O_n</math> и <math>O_1</math>, а ось лежит в плоскости и численное значение допуска относительно <math>O_{n(l)}</math> меньше численного значения допуска относительно <math>O_{1(n)}</math>, то ось <math>O_{n(l)}</math> назначается четверной базой, а <math>O_{1(n)}</math> – двойной разнонаправленной.</p> $\exists (O_n \perp P_i) \wedge (O_1 // P_i) \wedge (O_{41} \perp O_1 \wedge O_{41} \perp O_n)$ $T \perp O_{41} \rightarrow O_1 <(>) T \perp O_{41} \rightarrow O_n \wedge P_i \subset O_1 \Rightarrow O_{1(n)} = 4Б; O_{n(l)} = 2РН$

Продолжение таблицы П.В.4

1	2
О45	<p>Если заданы допуски параллельности оси <math>O_{45}</math> относительно плоскости <math>P_i</math> и углового расположения относительно оси <math>O_1</math>, то плоскость <math>P_i</math> назначается тройной однонаправленной базой, ось <math>O_1</math> – двойной однонаправленной, ось <math>O_n</math> – одиночной. В том случае, если ось <math>O_1</math> лежит в плоскости <math>P_i</math>, то указанная ось назначается четверной базой, а другая ось и плоскость – одиночными.</p> $\exists (O_n \perp P_i) \wedge (O_1 // P_i) \wedge (O_{45} // P_i \wedge O_{45} \angle O_1)$ $T // O_{45} \rightarrow P_i \wedge T \angle O_{45} \rightarrow O_1 \Rightarrow P_i = 3ОН; O_1 = 2ОН; O_n = 1Б;$ $T // O_{45} \rightarrow P_i \wedge T \angle O_{45} \rightarrow O_1 \wedge P_i \subset O_1 \Rightarrow O_1 = 4Б; O_n = 1Б; P_i = 1Б$
П42	<p>Если заданы допуски перпендикулярности плоскости <math>\Pi_{42}</math> относительно плоскости <math>P_i</math> и параллельности относительно оси <math>O_1</math>, то плоскость <math>P_i</math> назначается тройной однонаправленной базой, ось <math>O_1</math> – двойной однонаправленной, ось <math>O_n</math> – одиночной. В том случае, если ось <math>O_1</math> лежит в плоскости <math>P_i</math>, то указанная ось назначается четверной базой, а другая ось и плоскость – одиночными.</p> $\exists (O_n \perp P_i) \wedge (O_1 // P_i) \wedge (\Pi_{42} \perp P_i \wedge \Pi_{42} // O_1)$ $T \perp \Pi_{42} \rightarrow P_i \wedge T // \Pi_{42} \rightarrow O_1 \Rightarrow P_i = 3ОН; O_1 = 2ОН; O_n = 1Б;$ $T \perp \Pi_{42} \rightarrow P_i \wedge T // \Pi_{42} \rightarrow O_1 \wedge P_i \subset O_1 \Rightarrow O_1 = 4Б; O_n = 1Б; P_i = 1Б$
П43	<p>Если заданы допуски перпендикулярности плоскости <math>\Pi_{43}</math> относительно плоскости <math>P_i</math> и углового расположения относительно оси <math>O_1</math>, то плоскость <math>P_i</math> назначается тройной однонаправленной базой, ось <math>O_1</math> – двойной однонаправленной, ось <math>O_n</math> – одиночной. В том случае, если ось <math>O_1</math> лежит в плоскости <math>P_i</math>, то указанная ось назначается четверной базой, а другая ось и плоскость – одиночными.</p> $\exists (O_n \perp P_i) \wedge (O_1 // P_i) \wedge (\Pi_{43} \perp P_i \wedge \Pi_{43} \angle O_1)$ $T \perp \Pi_{43} \rightarrow P_i \wedge T \angle \Pi_{43} \rightarrow O_1 \Rightarrow P_i = 3ОН; O_1 = 2ОН; O_n = 1Б;$ $T \perp \Pi_{43} \rightarrow P_i \wedge T \angle \Pi_{43} \rightarrow O_1 \wedge P_i \subset O_1 \Rightarrow O_1 = 4Б; O_n = 1Б; P_i = 1Б$
П44	<p>Если заданы допуски параллельности плоскости <math>\Pi_{44}</math> относительно оси <math>O_n</math> и углового расположения относительно оси <math>O_1</math>, а ось лежит в плоскости, и численное значение допуска параллельности плоскости отно-</p>

	<p>сительно оси <math>O_n</math> меньше численного значения допуска углового расположения относительно оси <math>O_l</math>, то ось <math>O_n</math> назначается четверной базой, ось <math>O_l</math> – одиночной. Если численное значение допуска параллельности плоскости относительно оси <math>O_n</math> больше численного значения допуска углового расположения относительно оси <math>O_l</math>, то ось <math>O_l</math> назначается четверной базой, ось <math>O_n</math> – одиночной.</p> <p><math>\exists (O_n \perp P_i) \wedge (O_l // P_i) \wedge (\Pi_{44} // O_l \wedge \Pi_{44} \angle O_n)</math>  <math>T // \Pi_{44} \rightarrow O_l &lt;(&gt;) T \angle \Pi_{44} \rightarrow O_n \wedge P_i \subset O_l \Rightarrow O_{l(n)} = 4Б; O_{n(l)} = 2PH</math></p>
--	---

Окончание таблицы П.В.4

1	2
П45	<p>Если заданы допуски углового расположения плоскости <math>\Pi_{45}</math> относительно плоскости <math>P_i</math> и параллельности относительно оси <math>O_l</math>, то плоскость <math>P_i</math> назначается тройной однонаправленной базой, ось <math>O_l</math> – двойной однонаправленной, ось <math>O_n</math> – одиночной. В том случае, если ось <math>O_l</math> лежит в плоскости <math>P_i</math>, то указанная ось назначается четверной базой, а другая ось и плоскость – одиночными.</p> <p><math>\exists (O_n \perp P_i) \wedge (O_l // P_i) \wedge (\Pi_{45} \angle P_i \wedge \Pi_{45} // O_l)</math>  <math>T \angle \Pi_{45} \rightarrow P_i \wedge T // \Pi_{45} \rightarrow O_l \Rightarrow P_i = 3OH; O_l = 2OH; O_n = 1Б;</math>  <math>T \angle \Pi_{45} \rightarrow P_i \wedge T // \Pi_{45} \rightarrow O_l \wedge P_i \subset O_l \Rightarrow O_l = 4Б; O_n = 1Б; P_i = 1Б</math></p>
П46	<p>Если заданы допуски параллельности плоскости <math>\Pi_{46}</math> относительно оси <math>O_l</math> и углового расположения относительно оси <math>O_n</math>, а ось лежит в плоскости, и численное значение допуска параллельности плоскости относительно оси <math>O_l</math> меньше численного значения допуска углового расположения относительно <math>O_n</math>, то ось <math>O_l</math> назначается четверной базой, ось <math>O_n</math> – одиночной. Если численное значение допуска параллельности плоскости относительно оси <math>O_l</math> больше численного значения допуска углового расположения относительно <math>O_n</math>, то ось <math>O_n</math> назначается четверной базой, ось <math>O_l</math> – двойной разнонаправленной.</p> <p><math>\exists (O_n \perp P_i) \wedge (O_l // P_i) \wedge (\Pi_{46} // O_l \wedge \Pi_{46} \angle O_n)</math>  <math>T // \Pi_{46} \rightarrow O_l &lt;(&gt;) T \angle \Pi_{46} \rightarrow O_n \wedge P_i \subset O_l \Rightarrow O_{l(n)} = 4Б; O_{n(l)} = 2PH</math></p>

**Примечания:**

1. В приложении В приводятся алгоритмы для достаточно распространенных вариантов ориентации конструктивных элементов относительно компонентов комплекта. Отсутствуют алгоритмы на варианты только угловой ориентации и очевидно-аналогичные алгоритмы.
2. В случае необходимости задания допуска перпендикулярности оси относительно оси второго комплекта, а также допуска перпендикулярности оси относительно оси четвертого комплекта, перпендикулярной плоскости, однозначно задать ориентацию не удастся. В этом случае необходимую точность можно получить либо задав допуск косвенно, то есть относи-

тельно другого компонента комплекта, либо обработкой от единой базы всех поверхностей, связанных указанными требованиями за один установ.

3. В алгоритмах О44, П44, П46 показаны варианты ориентации относительно пересекающихся осей. В том случае, если оси скрещиваются, то необходимую точность можно получить обработкой от единой базы всех поверхностей, связанных указанными требованиями за один установ, либо применить очень редкий комплект баз: двойная однонаправленная (направляющая), двойная однонаправленная (направляющая), двойная однонаправленная (направляющая).

Витебский государственный технологический университет

ТАБЛИЦА СОКРАЩЕНИЯ ВАРИАНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

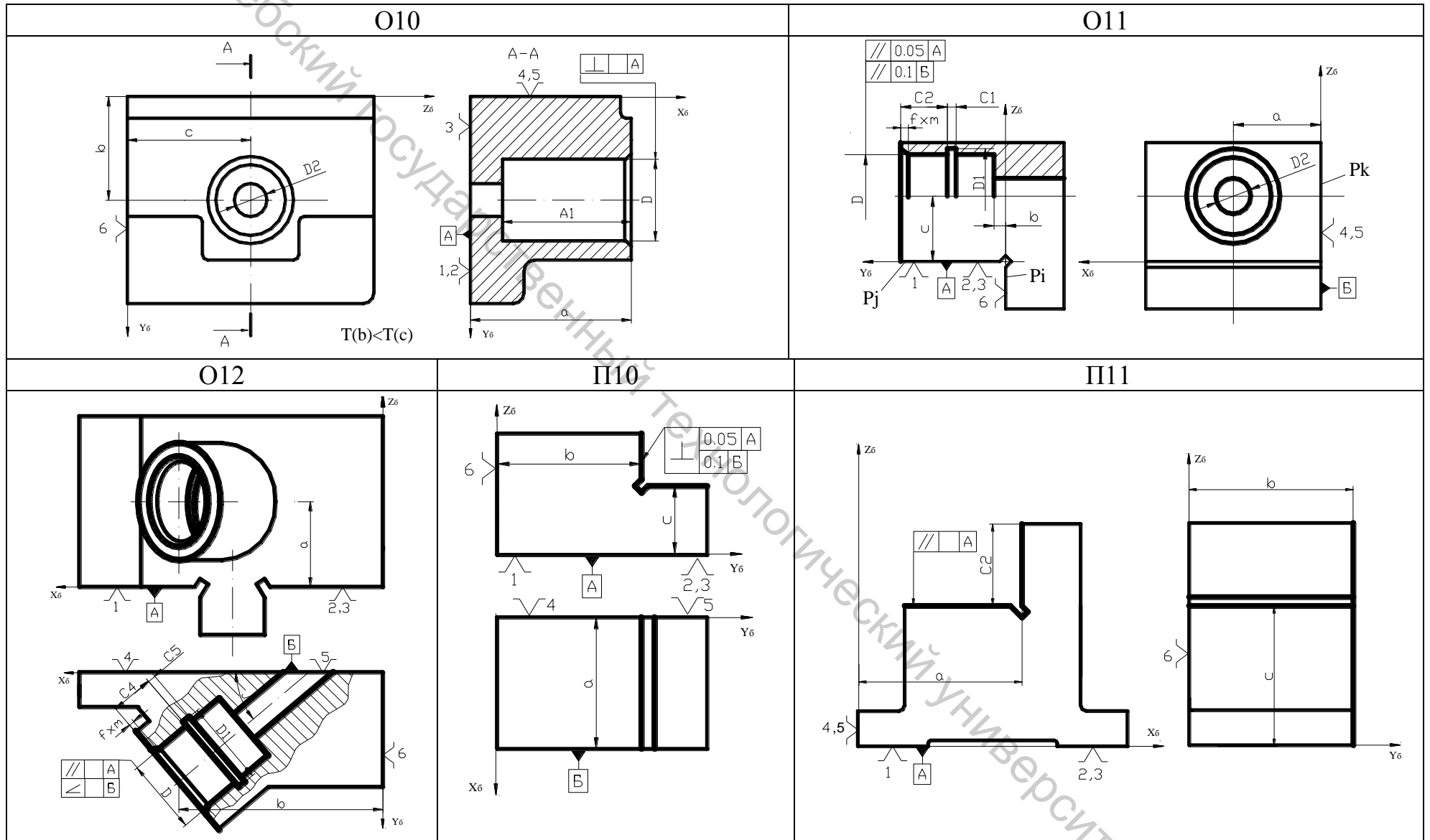
База	Код	Условия отбора																			
		Тип производства					Габариты и масса обрабатываемой детали					Показатели качества базы			Базирование		Характер базы		Обработка		
		е	МС	С	КС	М	М	С	К	ОК	Ra=50 IT 16-14	Ra=6.3 3.2 IT 13-8	Ra=1.25 0.8 IT 6-7	По наруж. пов.	По внутр. пов.	Яв-ная	Скры-тая (пл. сим-метр.)	От-делка	Чи-сто-вая	Пред-варит.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Установочная	Тр 1.1.	x	x	x			x	x					x	x		x		x	x	x	
	Тр 1.2.	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x		x		x	x	x	
	Тр 1.3.	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x			x	x	
	Тр 1.4.	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x		x			
	Тр 1.5.	x	x	x	x	x		x	x	x	x			x		x				x	
	Тр 1.6.	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x		x			x	x	
	Тр 1.7.	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x		x		x			
	Тр 1.8.	x	x	x	x	x			x	x	x	x		x		x				x	
	Тр 1.9.	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x	x		x		x	x	
	Тр 1.10.	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x	x		x		x	x	
	Тр 1.11.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x		x	x	
Направляющая	Тр 2.1.	x	x	x			x	x					x	x		x		x	x	x	
	Тр 2.2.	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x		x		x	x	x	
	Тр 2.3.	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x	x		x	x	
	Тр 2.4.	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x			
	Тр 2.5.	x	x	x	x	x		x	x	x	x			x		x	x			x	
	Тр 2.6.	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x		x			x	x	
	Тр 2.7.	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x		x		x			
	Тр 2.8.	x	x	x	x	x			x	x	x	x		x		x				x	
	Тр 2.9.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x		
	Тр 2.10.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	
Опорная	Тр 3.1.	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x		x		x	x	x		x	
	Тр 3.2.	x	x	x	x	x		x	x	x	x			x		x	x	x			
	Тр 3.3.	x	x	x	x	x		x	x	x	x			x		x	x			x	
	Тр 3.4.	x	x	x	x	x		x	x	x	x			x		x			x	x	
	Тр 3.5.	x	x	x	x	x		x	x	x	x			x		x		x			
	Тр 3.6.	x	x	x	x	x		x	x	x	x			x		x				x	
	Тр 3.7.	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x		x	x		x	x		
	Тр 3.8.	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x	
	Тр 3.9.	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	
	Тр 3.10.	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x	x	x	x	

Окончание приложения Г

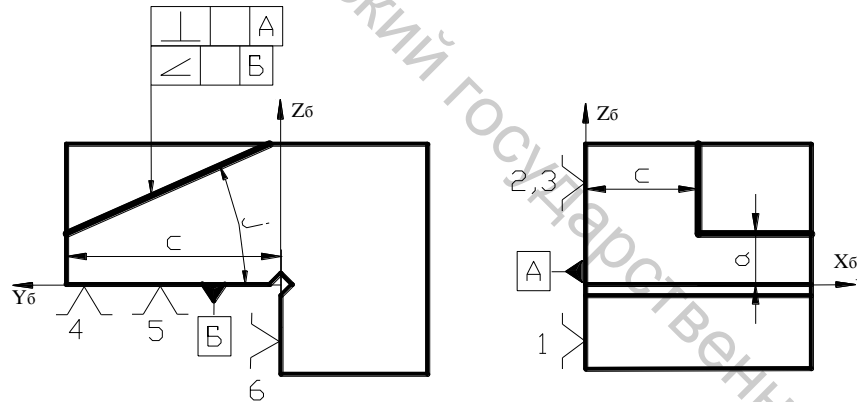
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Двойная опорная	Тр 4.1.	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x			x	x	x	x	
	Тр 4.2.	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x		x		x	x	x	x	
	Тр 4.3.	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x		x	x	x	x	
	Тр 4.4.	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x			x	x	x	x	
	Тр 4.5.	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x			x	x	x	x	
	Тр 4.6.				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x	x	x	x
	Тр 4.7.	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x				x	x	x	x
	Тр 4.8.	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x				x	x	x	x
	Тр 4.9.	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x			x	x	x	x
	Тр 4.10.				x	x	x	x	x	x			x	x		x		x	x	x	x
	Тр 4.11.				x	x	x		x	x		x	x	x		x		x	x	x	x
	Тр 4.12.				x	x	x		x	x		x	x	x		x		x	x	x	x
	Тр 4.13.				x	x	x		x	x		x	x	x		x		x	x	x	x
	Тр 4.14.				x	x	x		x	x			x	x		x		x	x	x	x
	Тр 4.15.				x	x	x		x	x			x	x		x		x	x	x	x
	Тр 4.16.				x	x	x		x	x			x	x		x		x	x	x	x
	Тр 4.17.				x	x	x		x	x			x	x		x		x	x	x	x
	Тр 4.18.				x	x	x		x	x			x	x		x		x	x	x	x
Двойная направляющая	Тр 5.1.				x	x		x	x	x	x		x	x			x	x	x	x	
	Тр 5.2.				x	x	x		x	x	x		x	x		x		x	x	x	x
	Тр 5.3.	x	x		x			x	x	x			x	x		x		x	x	x	x
	Тр 5.4.				x	x	x		x	x			x	x		x		x	x	x	x
	Тр 5.5.					x	x		x	x			x	x	x			x	x		
	Тр 5.6.				x	x	x		x	x			x	x		x		x	x	x	
	Тр 5.7.				x	x	x		x	x			x	x		x		x	x	x	
	Тр 5.8.				x	x	x		x	x			x	x		x		x	x	x	
	Тр 5.9.				x	x	x		x	x			x	x		x		x	x	x	
	Тр 5.10.				x	x	x		x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x
	Тр 5.11.	x	x		x	x	x		x	x	x	x	x	x		x		x	x	x	
	Тр 5.12.				x	x	x		x	x			x	x		x		x	x	x	x
	Тр 5.13.				x	x	x		x	x			x	x		x		x	x	x	x
	Тр 5.14.	x	x		x	x	x	l/d>2	l/d>2	l/d>2	l/d>2	x	x	x	x	x		x	x	x	x
	Тр 5.15.	x	x		x	x	x	l/d>2	l/d>2	l/d>2	l/d>2	x	x	x	x	x		x	x	x	x
	Тр 5.16.	x	x		x	x	x	l/d>2	l/d>2	l/d>2	l/d>2	x	x	x	x	x		x	x	x	x
	Тр 5.17.	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
Тройная опорная	Тр 6.1.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	
	Тр 6.2.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	

Примечание. Тр 5.14. Тр 5.15. Тр 5.16. Тр 5.17. применяются для деталей класса «вал».

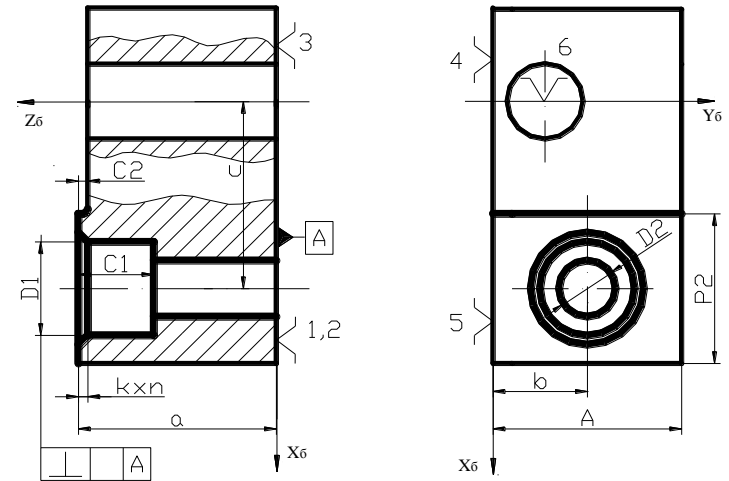
ПРИМЕРЫ СХЕМ БАЗИРОВАНИЯ



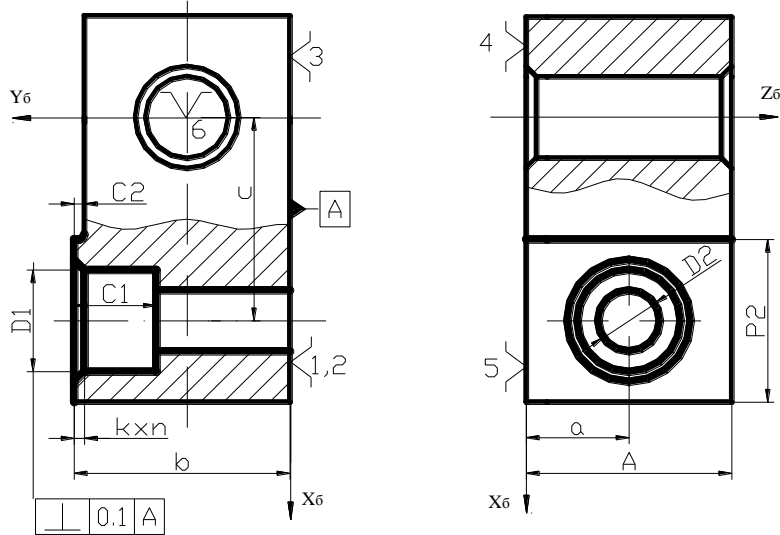
П12



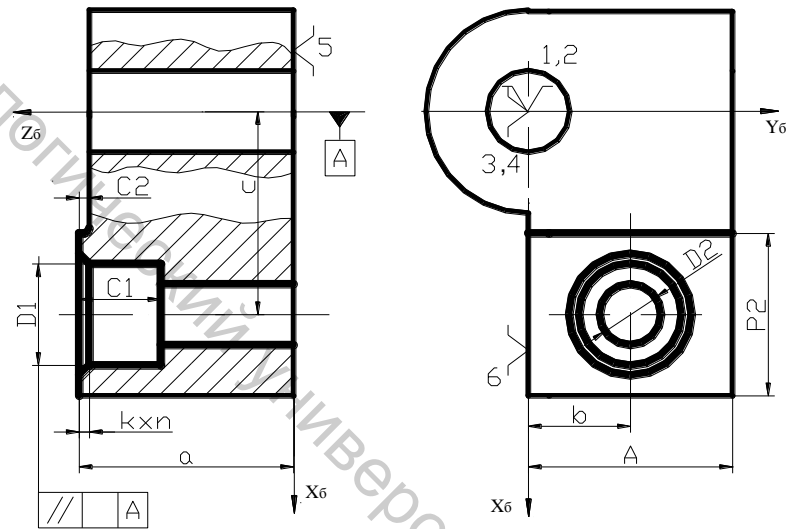
О20



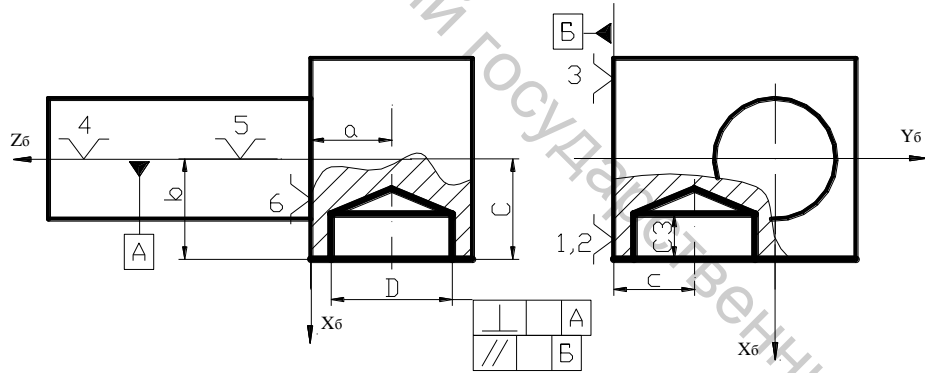
О21



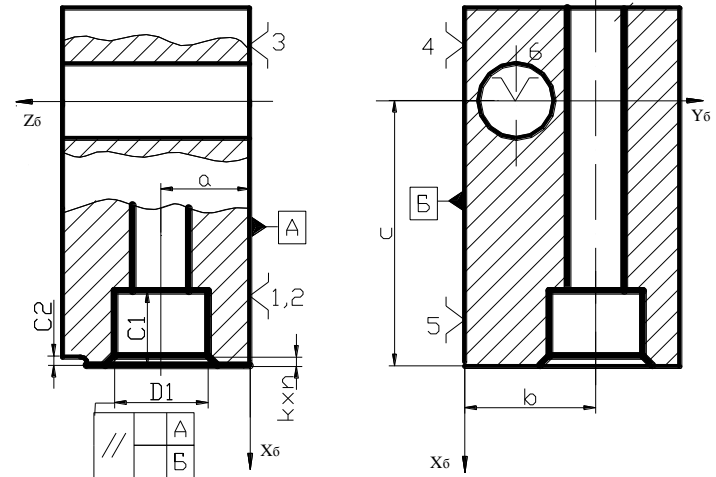
О22



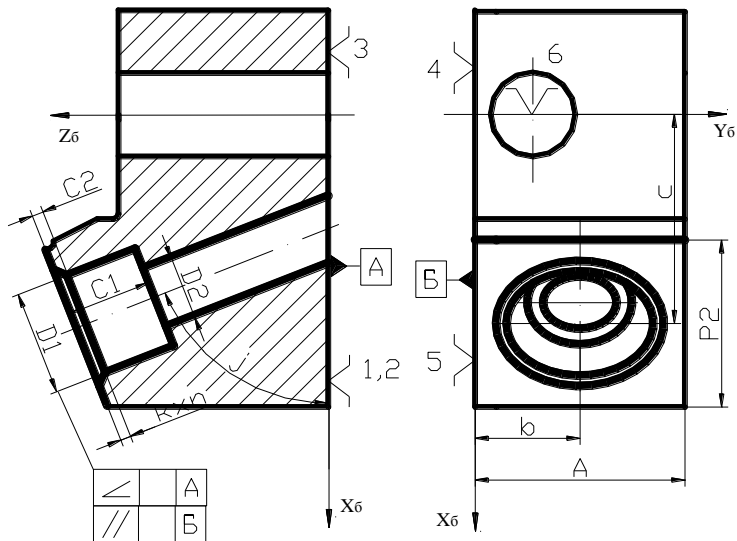
O23



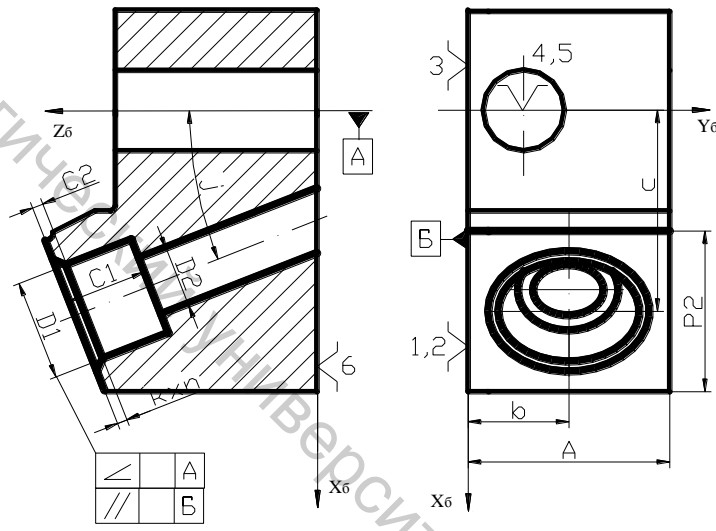
O24



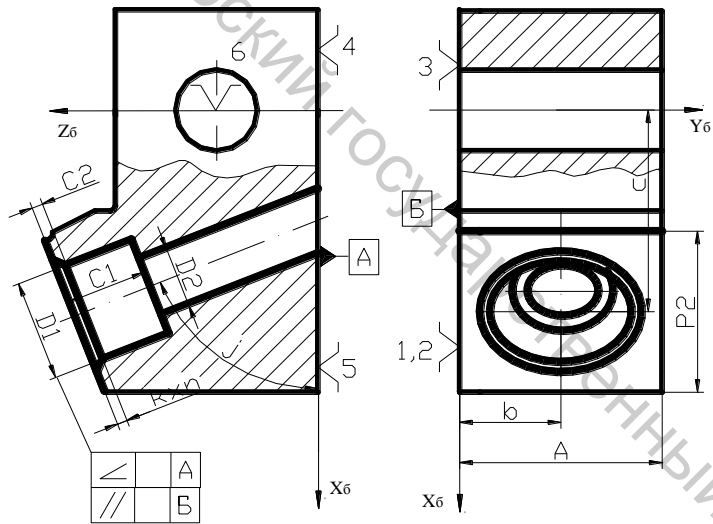
O25



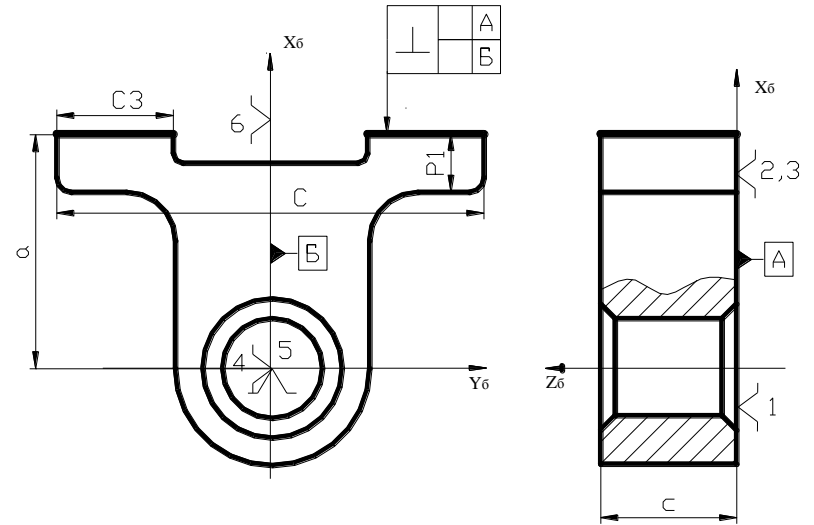
O27



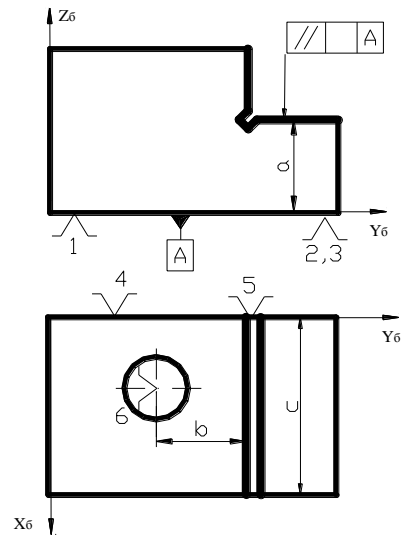
O29



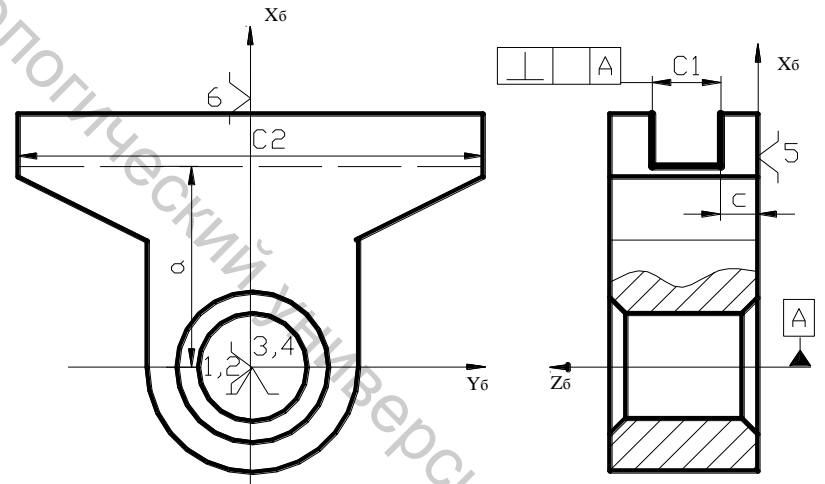
П20



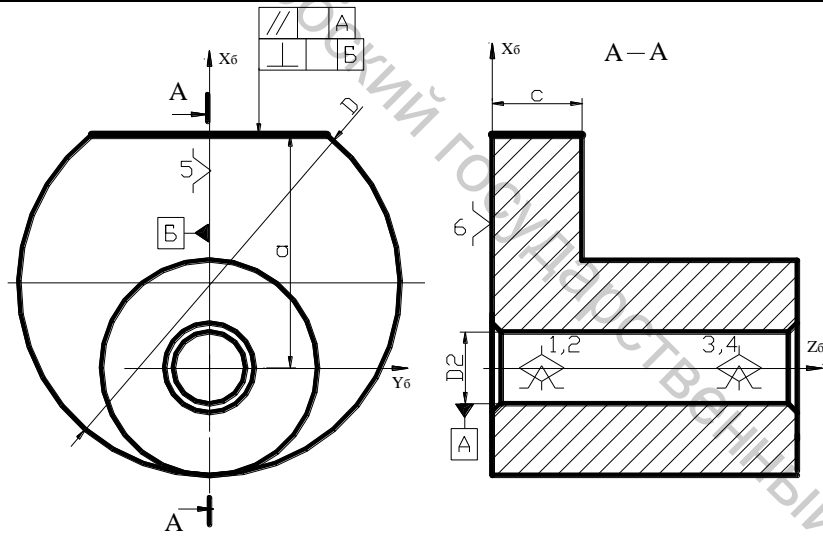
П21



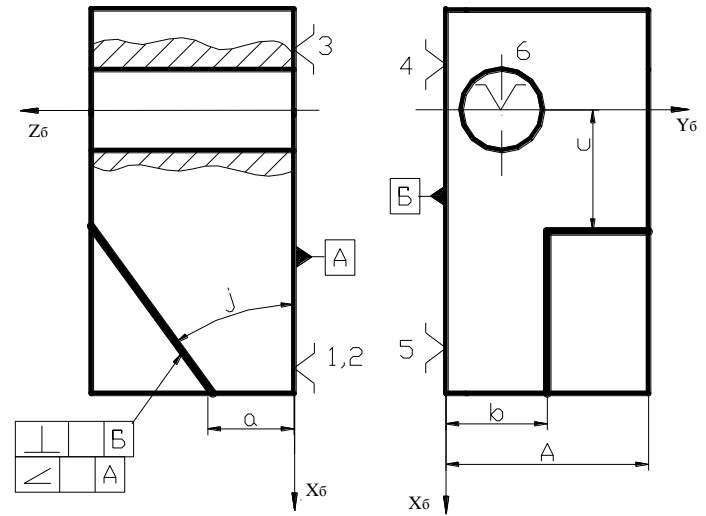
П23



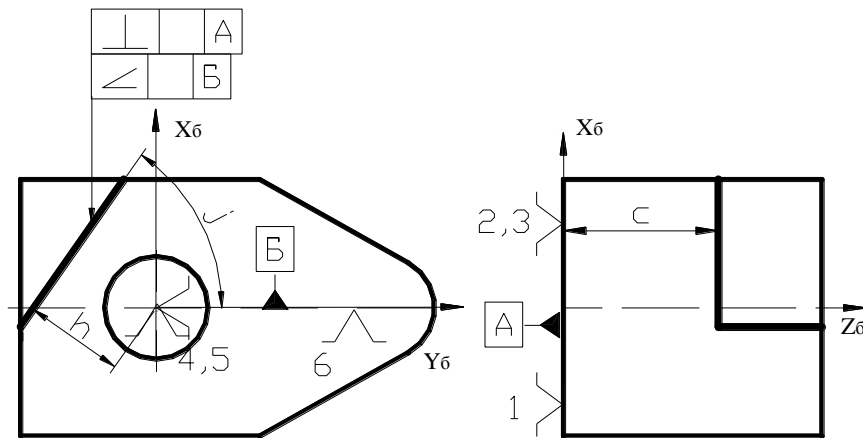
П24



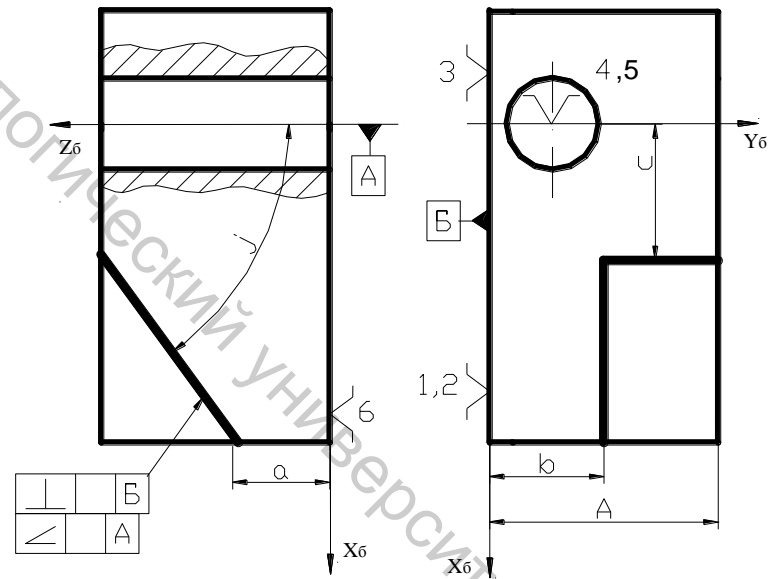
П25



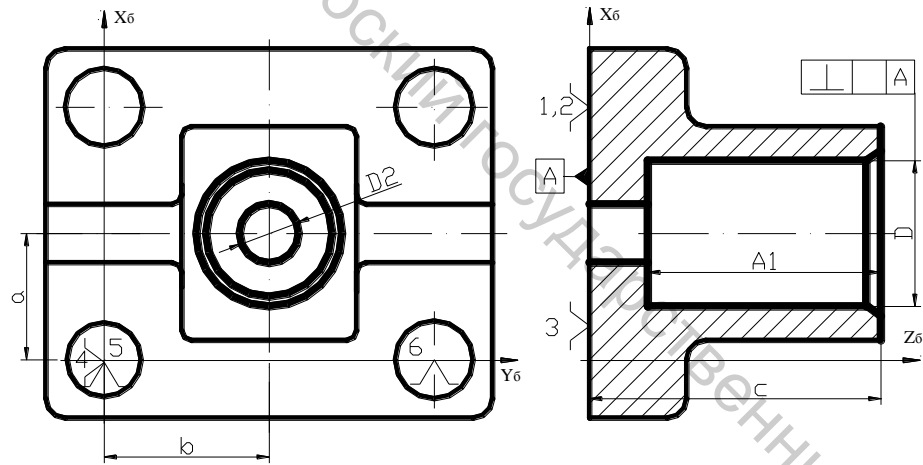
П26



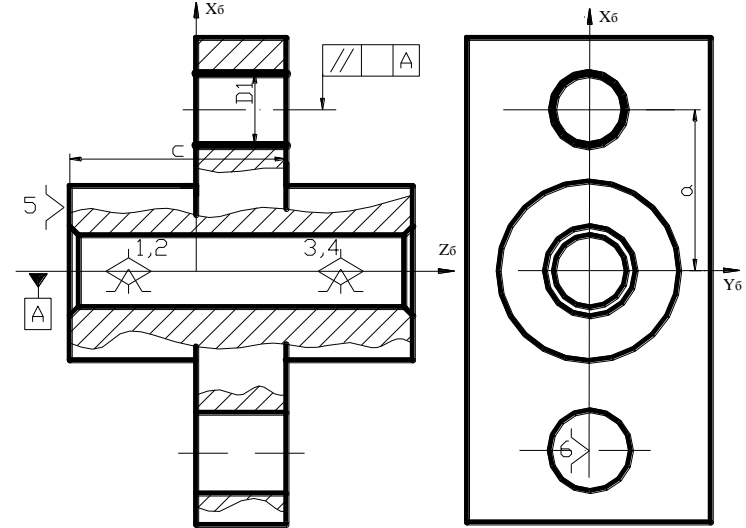
П27



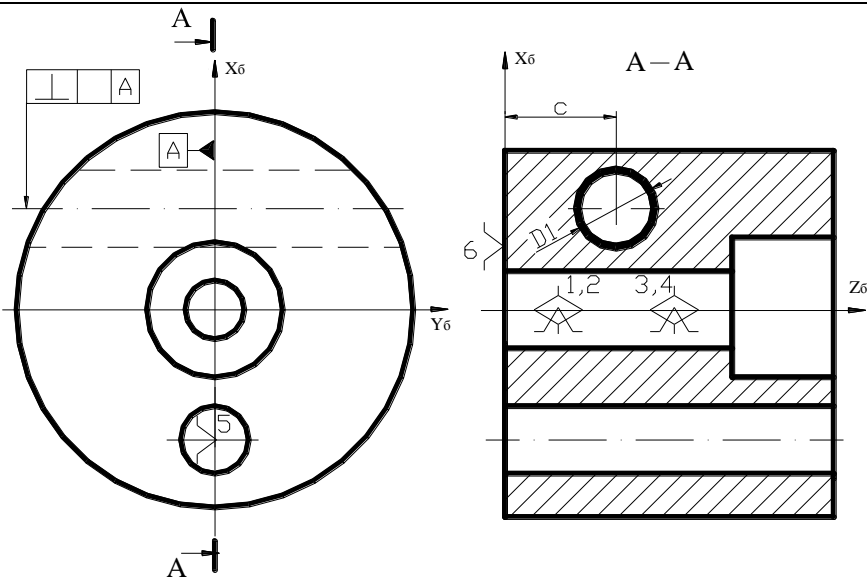
О30



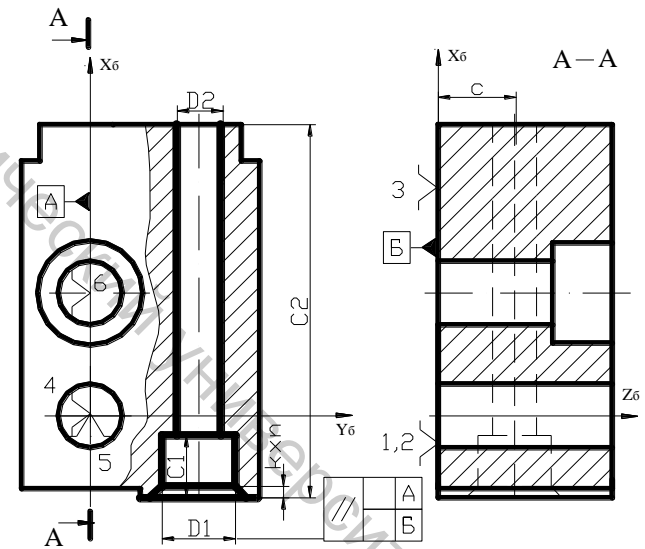
О31

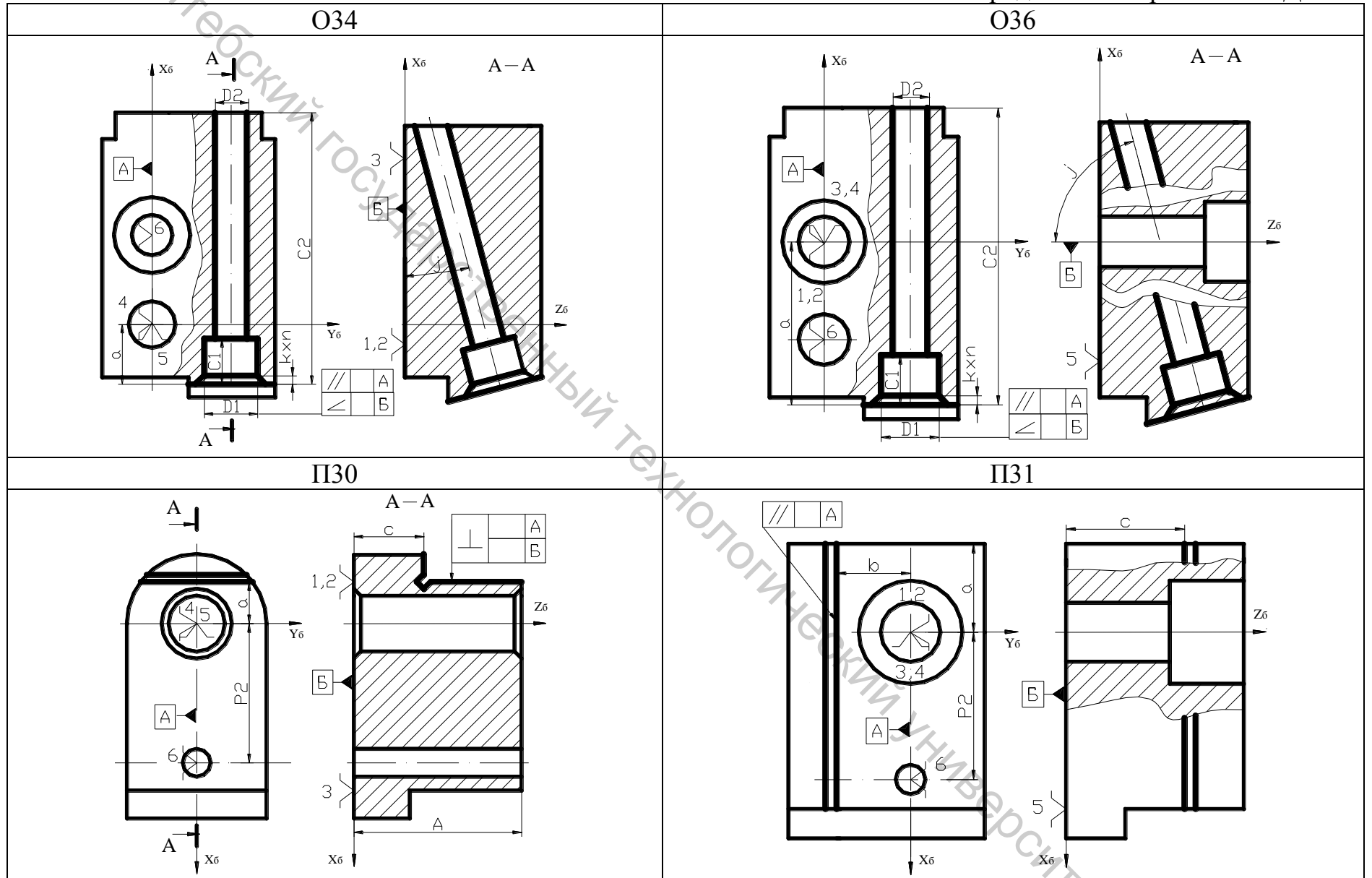


О32



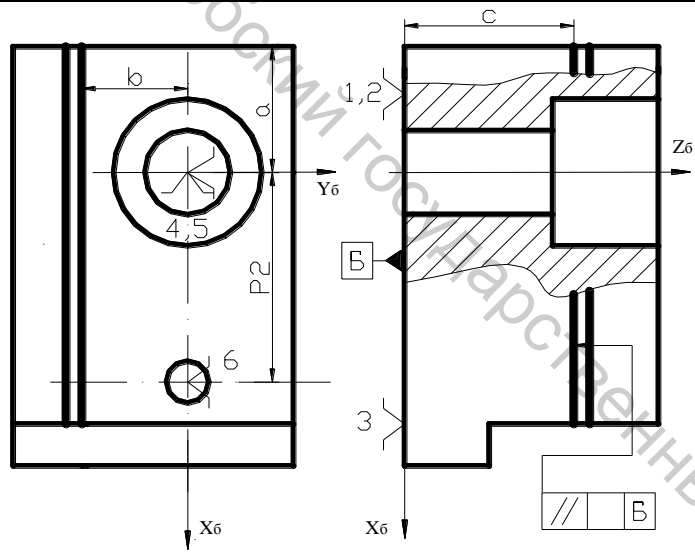
О33



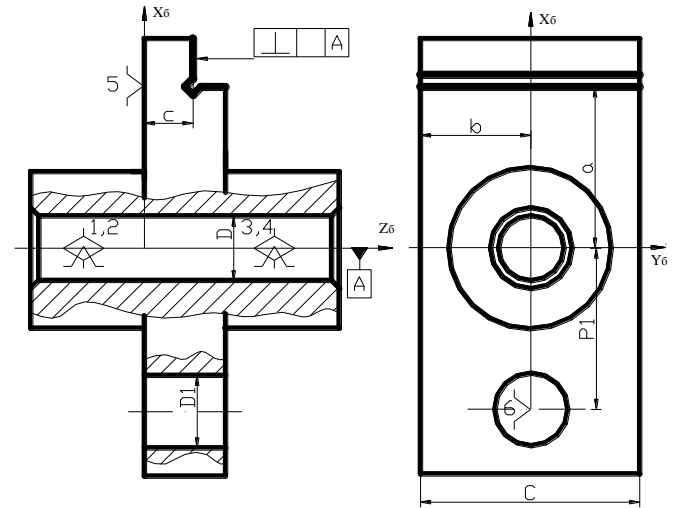


202

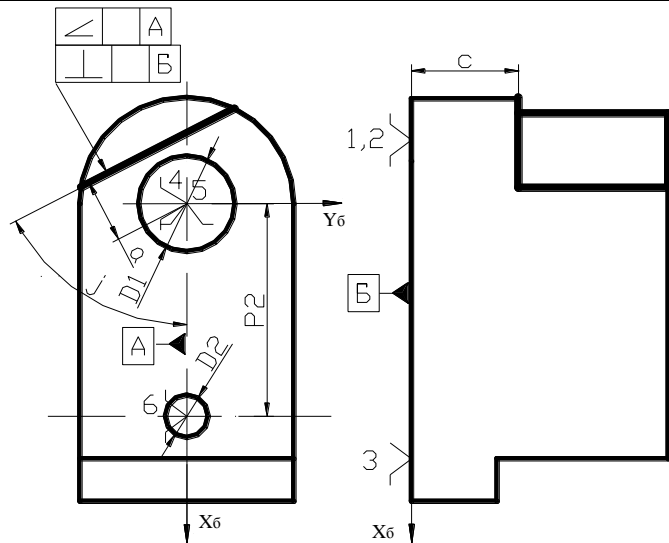
П32



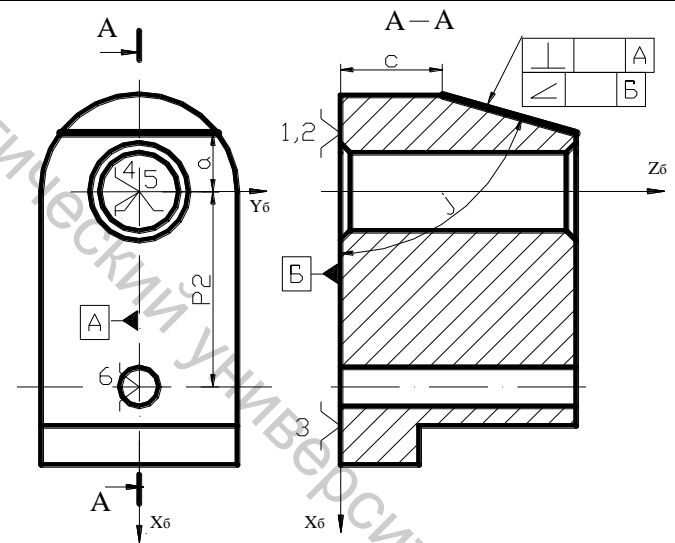
П33



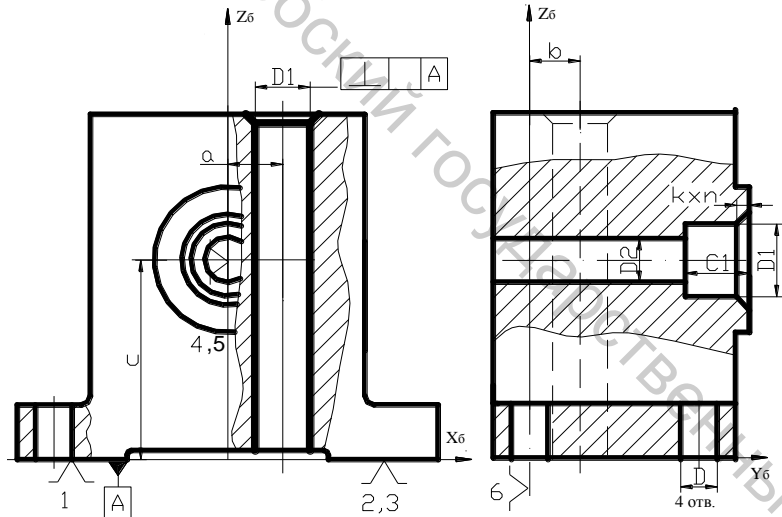
П34



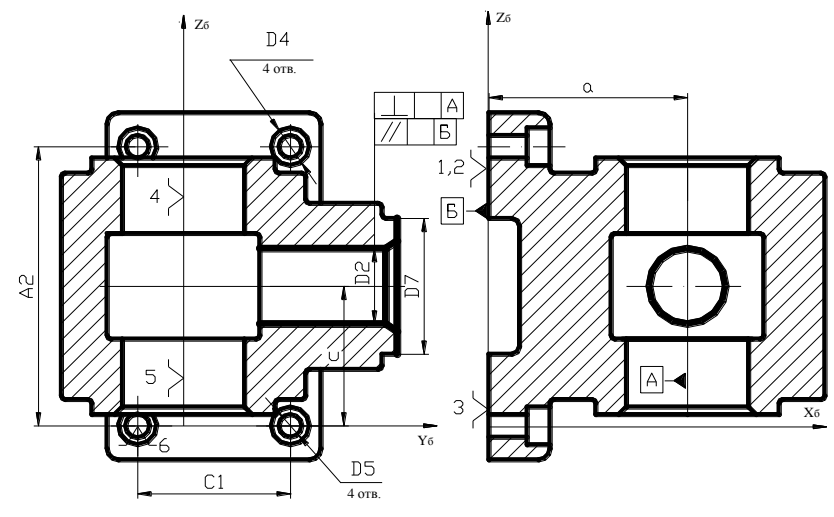
П35



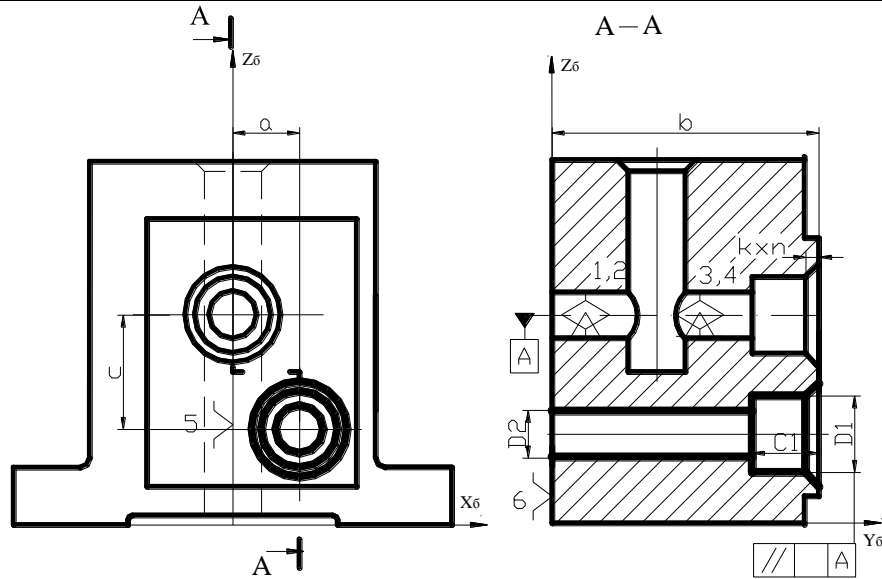
O40



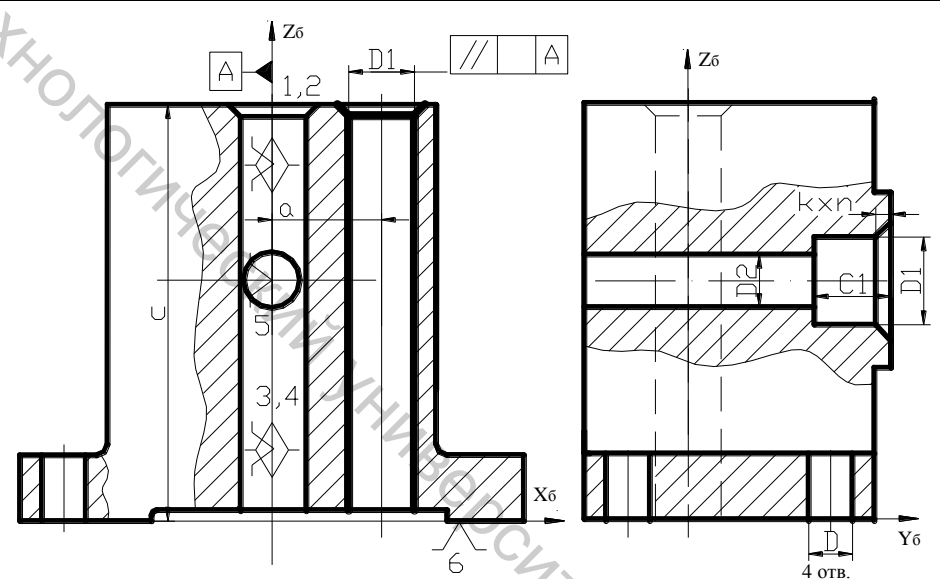
O41



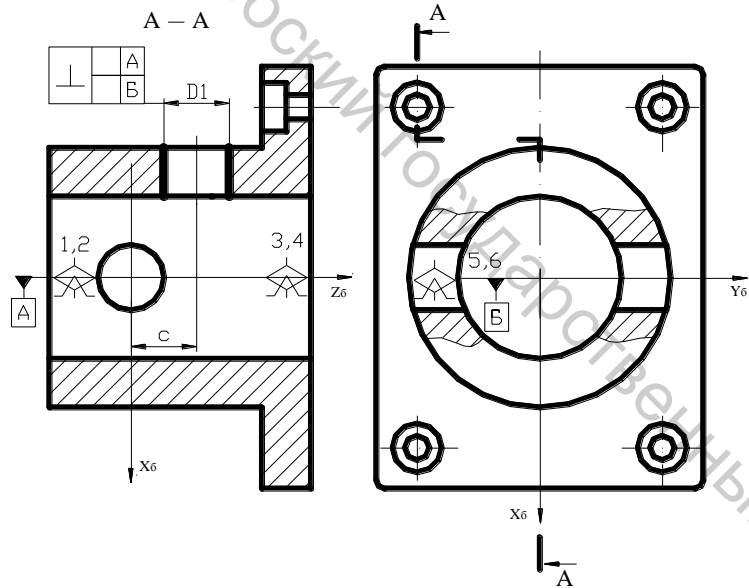
O42



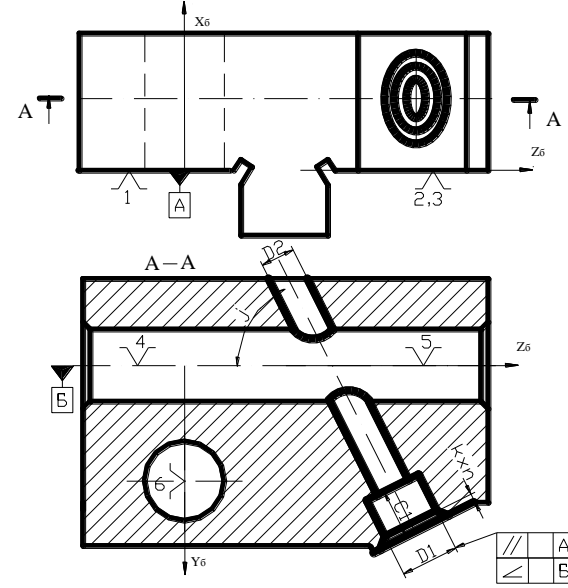
O43



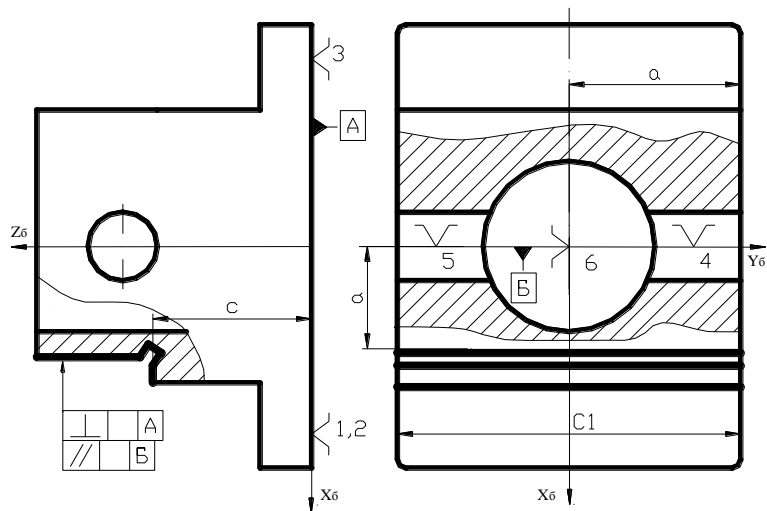
O44



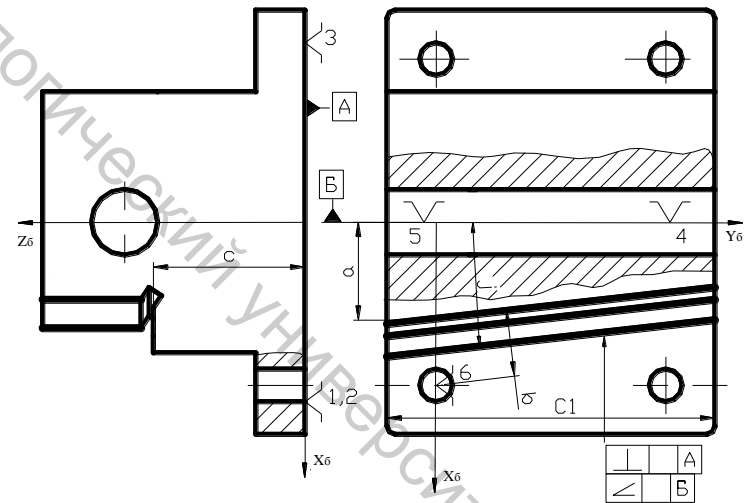
O45



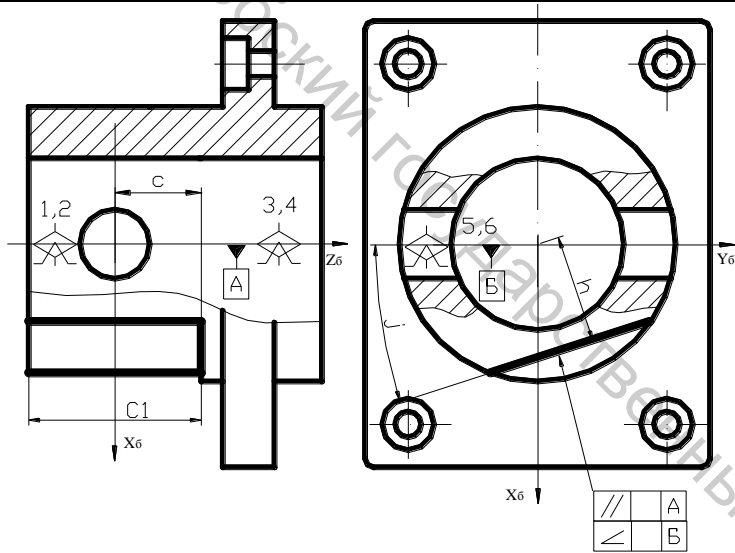
П42



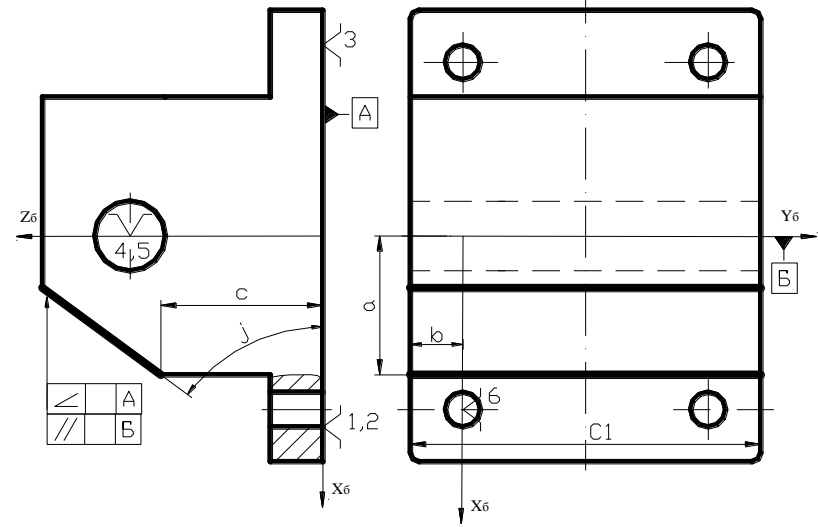
П43



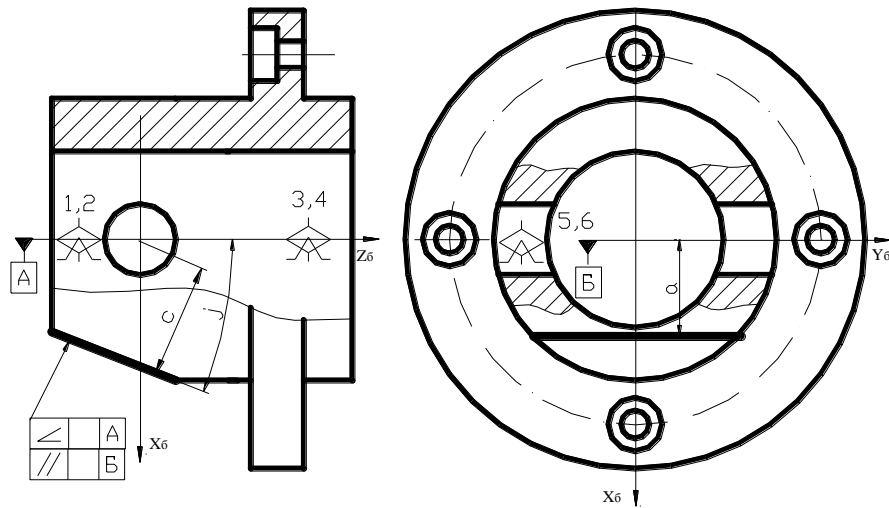
П44



П45



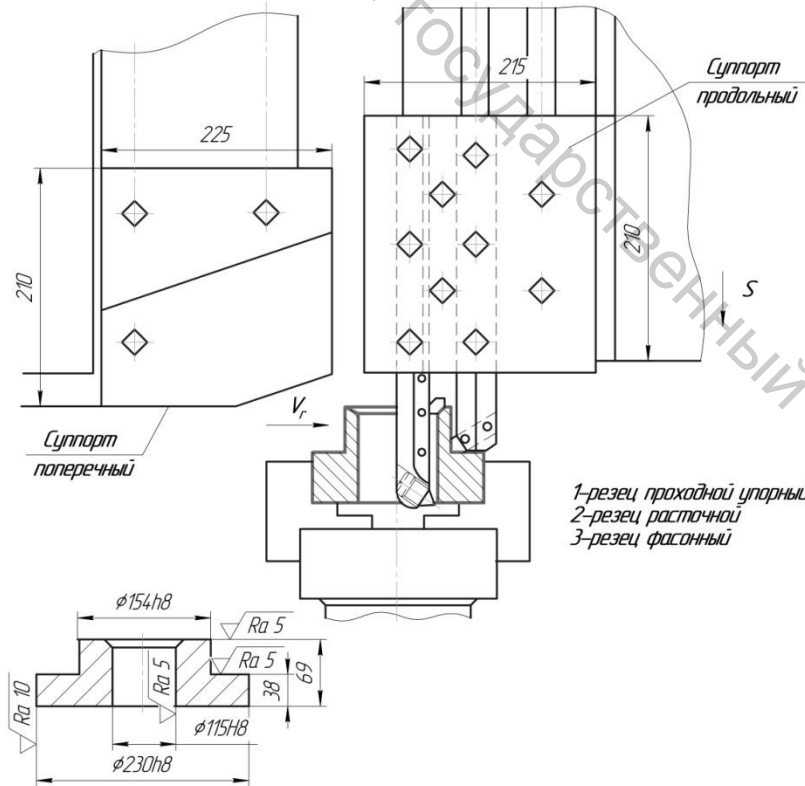
П46



Витебский государственный технологический университет

ТИПОВЫЕ НАЛАДКИ (РАБОЧИЕ ПРОСТРАНСТВА СТАНКОВ) МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК РАЗНЫХ ДЕТАЛЕЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ОПЕРАЦИЯХ

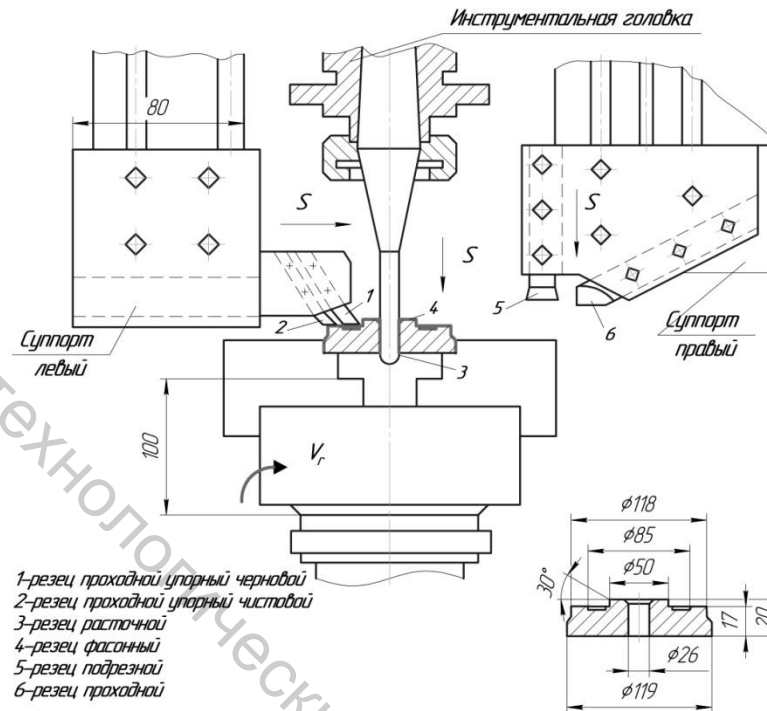
Операция 015: Токарная автоматная  
 Приспособление: Патрон 3-кулачковый пневматический



- 1-резец проходной упорный
- 2-резец расточной
- 3-резец фасонный

Оборудование: Токарный вертикальный патронный полуавтомат  
 мод. 1А734 (код. 381115403)  
 Наибольший диаметр обработки, мм.....320  
 Частота вращения шпинделя, мин<sup>-1</sup>.....до 1600  
 Мощность электродвигателя главного движения, кВт.....33,5  
 Габаритные размеры, мм.....2300х3200х3020

Операция 020: Токарная автоматная  
 Приспособление: Патрон 3-кулачковый пневматический



- 1-резец проходной упорный черновой
- 2-резец проходной упорный чистовой
- 3-резец расточной
- 4-резец фасонный
- 5-резец подрезной
- 6-резец проходной

Оборудование: Токарный вертикальный патронный полуавтомат  
 с ЧПУ мод. 1А75Ф3 (код. 381115582)  
 Наибольший диаметр обработки, мм.....500  
 Частота вращения шпинделя, мин<sup>-1</sup>.....до 1000  
 Мощность электродвигателя главного движения, кВт.....45  
 Габаритные размеры, мм.....3855х2600х3520

Схемы наладок  
 автоматного станка

Лист

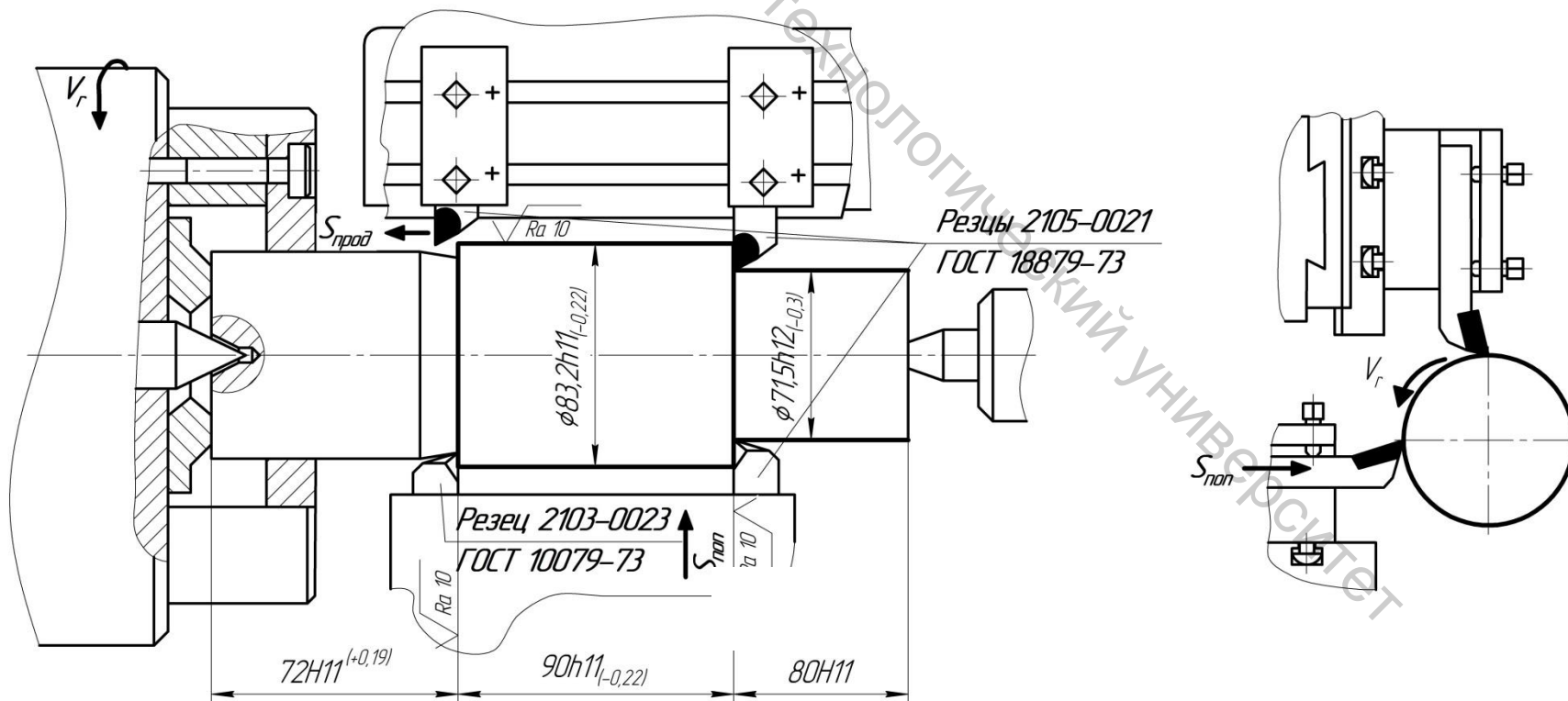
Витебский государственный технологический университет

*Операция 010: Токарная автоматная*

*Приспособление: поводковый патрон; плавающий центр; вращающийся центр*

*Оборудование: токарный многорезцовый копировальный полуавтомат модели 1E713 (код. 381152218)*

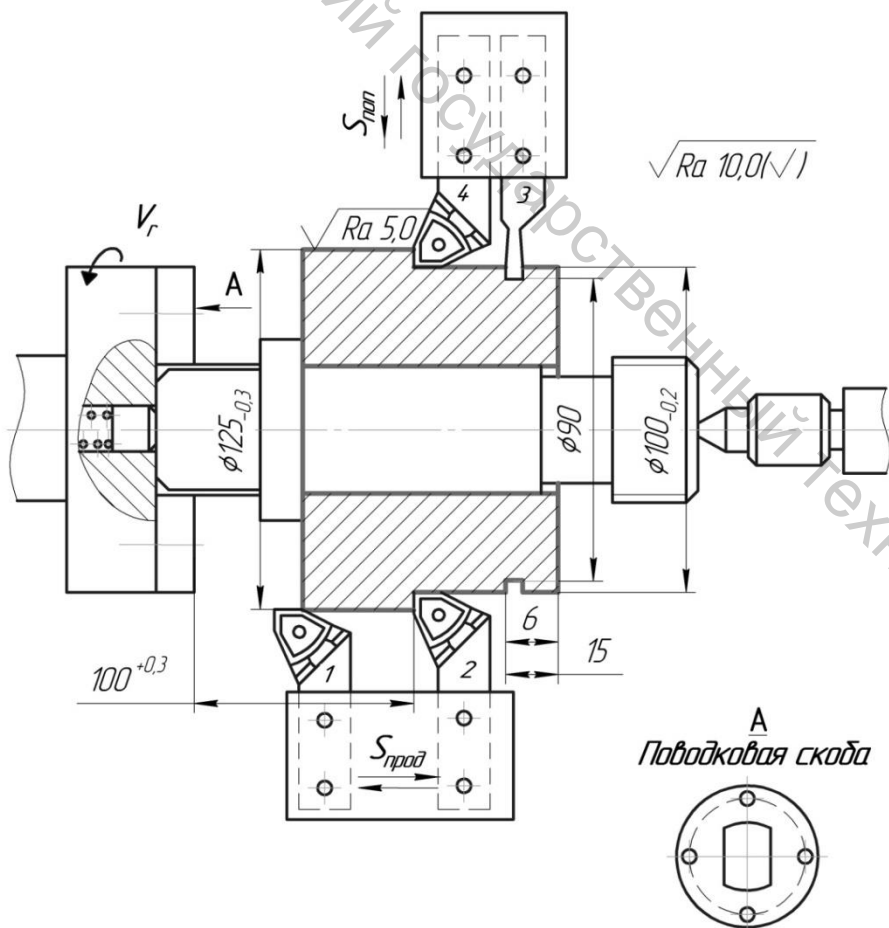
*Наибольший диаметр изделия над станиной, мм.....200  
 Длина обрабатываемого изделия, мм..... 710; 1000; 1400  
 Пределы частот вращения шпинделя, об/мин..... 100-2000  
 Мощность электродвигателя главного движения, кВт..... 17/25  
 Габаритные размеры, мм ..... 4195x815x2200*



# Операция 015: Токарная автоматная

Приспособление: плавающий центр, вращающийся центр, поводковая скоба

Оборудование: токарный многолезцовый полуавтомат мод. 1Н713



- Наибольшие размеры обрабатываемой заготовки, мм
  - устанавливаемой над станцией.....400
  - устанавливаемой над суппортом.....250
  - длина.....500
- Наибольшее перемещение суппорта, мм
  - продольное.....350
  - поперечное.....200
- Наибольшее перемещение поперечного суппорта, мм
  - продольное установочное.....395
  - поперечное.....200
  - частота вращения шпинделя, мин<sup>-1</sup>.....63-1250
- Рабочая подача суппорта, мм/мин
  - копирального.....25-400
  - поперечное.....25-400
- Скорость быстрого перемещения суппорта, м/мин
  - копирального.....35
  - поперечное.....35
- Мощность электродвигателя главного привода, кВт.....5
- Габаритные размеры, мм.....2450x1250x1980

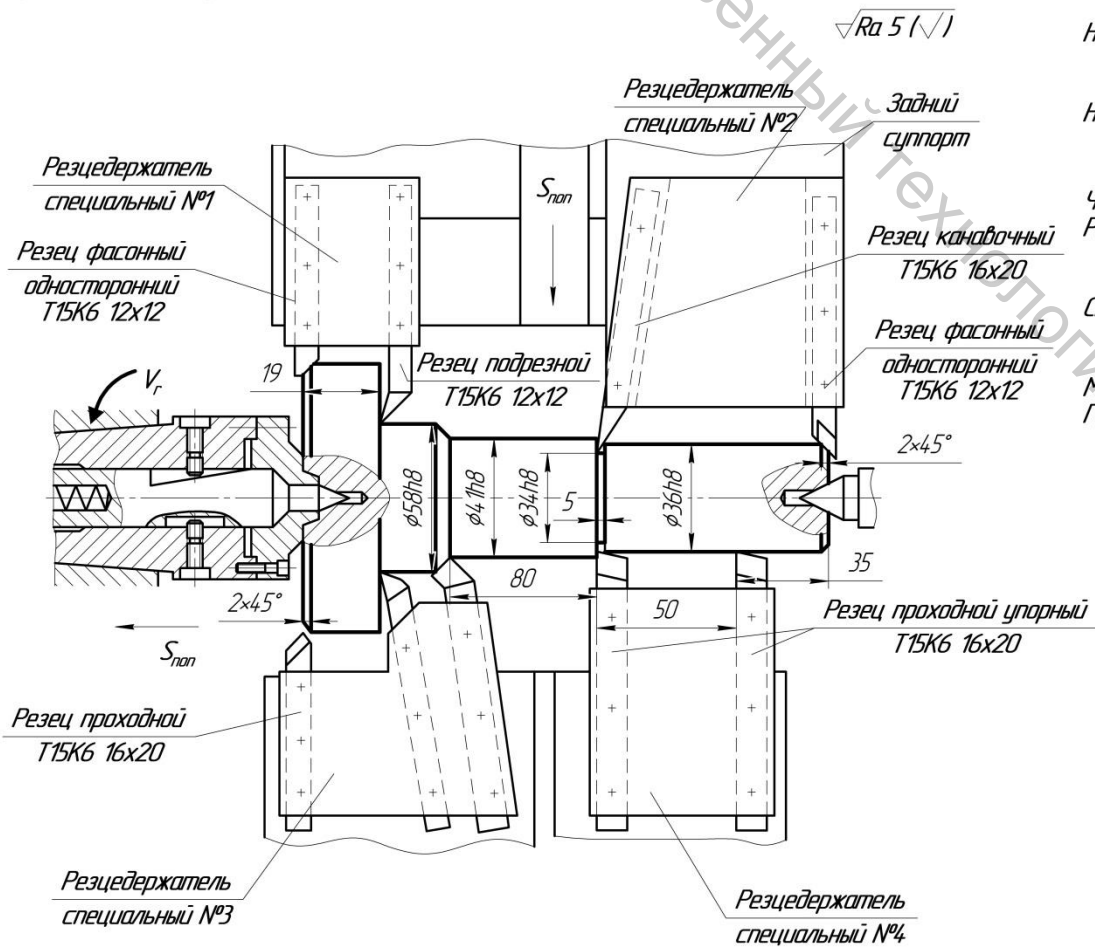
Таблица режима резания и норм времени

Суппорт	t, мм	S, мм/мин	V, м/мин	n, об/мин	T <sub>ор</sub> , мин	T <sub>остр</sub> , мин	T <sub>шпк</sub> , мин	T <sub>шпк</sub> , мин
Резущий инструмент								
Продольный суппорт								
Резец 1 Проходной Т5К10								
Резец 2 Проходной Т5К10								
Поперечный суппорт								
Резец 3 Канавочный Т5К6								
Резец 4 Проходной Т5К6								

Схема наладок токарных многолезцовых полуавтоматов Лист

### Операция 010: Токарная автоматная

Приспособление: Поводковая торцевая оправка; плавающий центр, вращающийся центр



Оборудование: Токарный многорезцовый полуавтомат мод. 1Н713

Наибольшие размеры обрабатываемой заготовки, мм:

- устанавливаемой над станцией.....400
- устанавливаемой над станцией.....250
- длина.....500

Наибольшее перемещение суппорта, мм:

- продольное.....350
- поперечное.....200

Наибольшее перемещение поперечного суппорта, мм:

- продольное установочное.....395
- поперечное.....200

Частота вращения шпинделя, мин<sup>-1</sup>.....63 - 1250

Рабочая подача суппорта, мм/мин:

- копировального.....25 - 400
- поперечного.....25 - 400

Скорость быстрого перемещения суппорта, м/мин:

- копировального.....3,5
- поперечного.....3,5

Мощность электродвигателя главного привода, кВт.....5

Габаритные размеры, мм.....2450x1250x1980

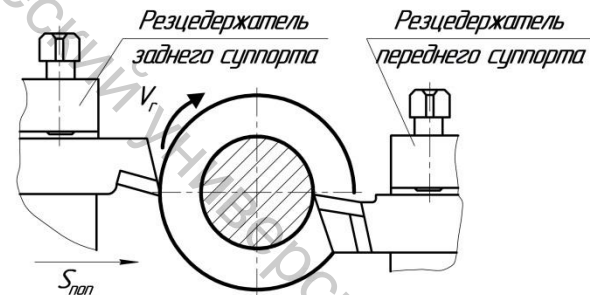
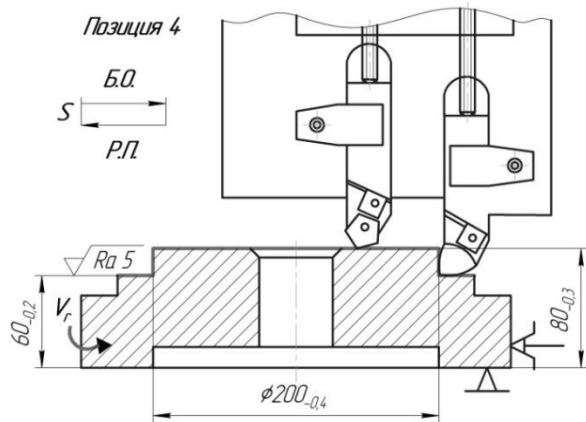
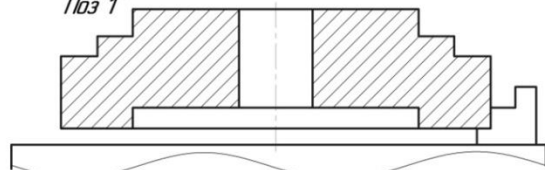
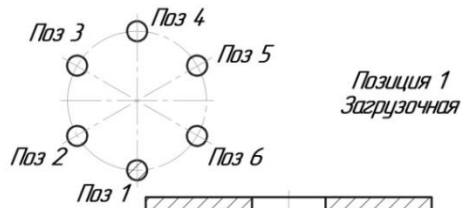


Таблица режимов резания

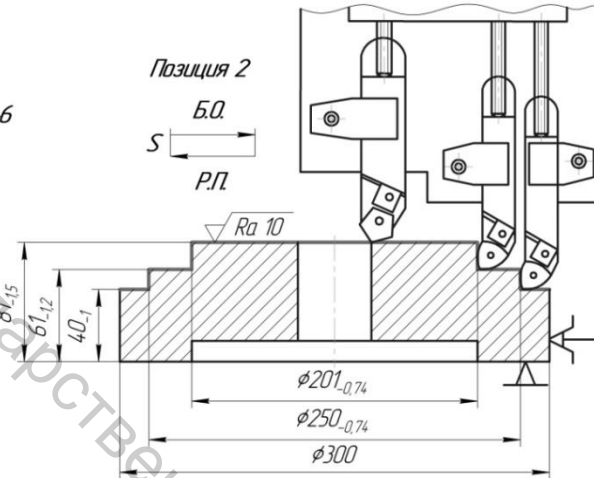
Суппорт	$t$ , мм	$S$ , мм/мин	$V_r$ , м/мин	$n$ , об/мин	$T_{op}$ , мин
Продольный	1	0,23	122	187	0,23
Поперечный	2	0,17	65	105	0,23

**Операция 010: Токарная автоматная**  
 Оборудование: Токарный шестиглиньдальный вертикальный патронный полуавтомат мод. 1А286-6

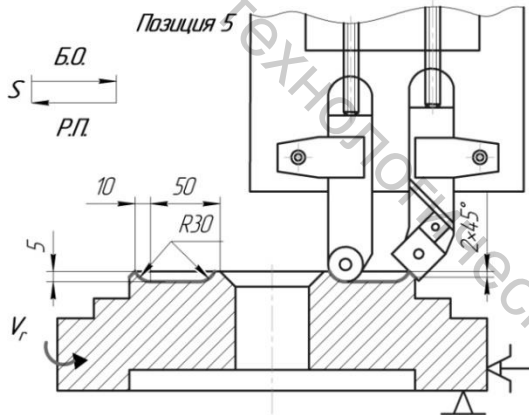
Количество скоростей шпинделя - 21  
 Частота вращения шпинделя - 16 - 3315 об/мин



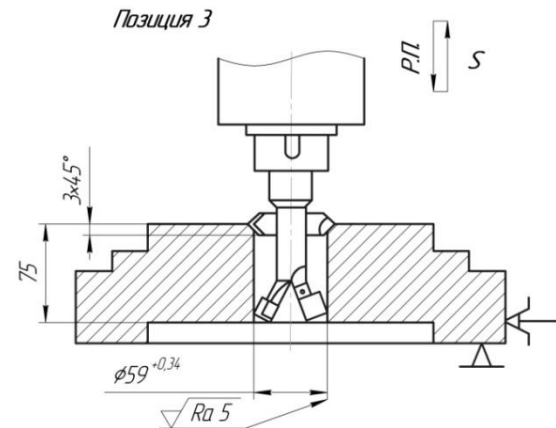
№	Режущий инструмент	t	S	V	n	T <sub>0</sub>



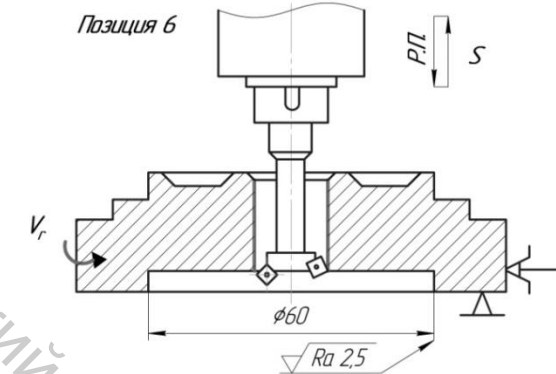
№	Режущий инструмент	t	S	V	n	T <sub>0</sub>



№	Режущий инструмент	t	S	V	n	T <sub>0</sub>



№	Режущий инструмент	t	S	V	n	T <sub>0</sub>

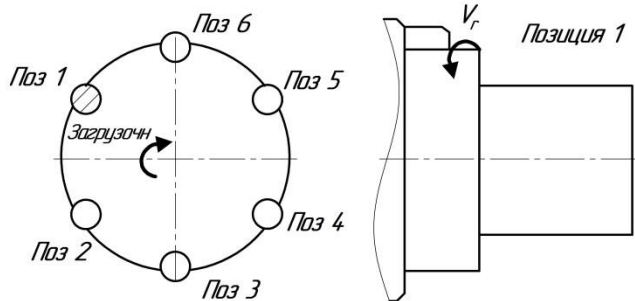


№	Режущий инструмент	t	S	V	n	T <sub>0</sub>

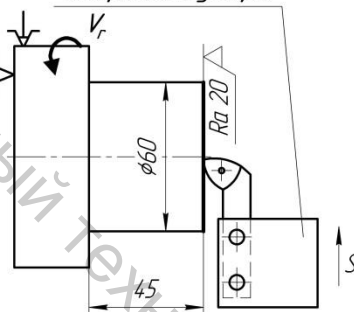
Схема наладок токарных  
 многолезцовых полуавтоматов

Лист

**Операция 010: Токарная автоматная**  
 Приспособление: Трехлапчатый патрон

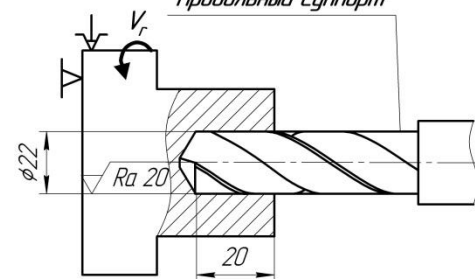


Позиция 2  
 Поперечный суппорт

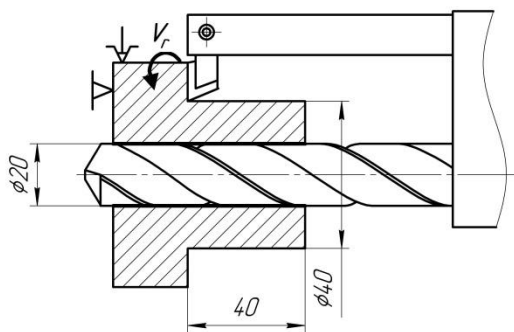


Режущий инструмент	t, мм	S, мм/мин	V, м/мин	n, об/мин	T <sub>ор</sub> , мин
Резец проходной Т15К6					

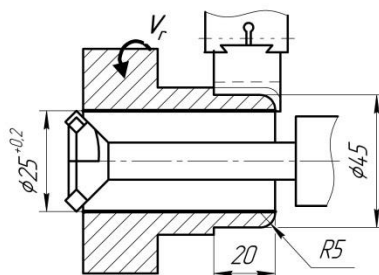
Позиция 3  
 Продольный суппорт



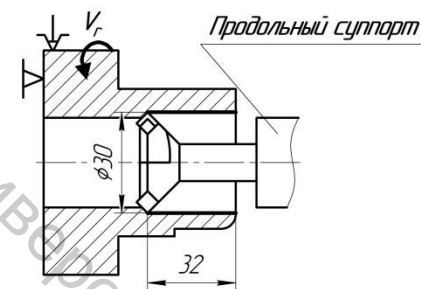
Режущий инструмент	t, мм	S, мм/мин	V, м/мин	n, об/мин	T <sub>ор</sub> , мин
Сверло φ22 P6M5					



Режущий инструмент	t, мм	S, мм/мин	V, м/мин	n, об/мин	T <sub>ор</sub> , мин	T <sub>штп</sub> , мин
Резец проходной упорный						
Сверло φ24 P6M5						



Режущий инструмент	t, мм	S, мм/мин	V, м/мин	n, об/мин	T <sub>ор</sub> , мин
Резец призм. фасс. P6M5					
Расточной блок					



Режущий инструмент	t, мм	S, мм/мин	V, м/мин	n, об/мин	T <sub>ор</sub> , мин
Расточной блок чистой φ80					

Оборудование: Токарный шестипиндальный горизонтальный патрон точности мод. 1Б24-017-6К

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм ..... 110

η повышенной

### Операция 010: Токарная карусельная

Оборудование: Токарно-карусельный мод. 1E512Ф2И

Приспособление: 4-кулачковый патрон

Оборудование: токарно-карусельный одношпиндельный станок с цифровой индикацией модели 1E512Ф2И (код. 3811511439)

Диаметр планшайбы, мм.....1120

Наибольший диаметр обработки, мм.....1250

Высота обработки, мм.....1000

Наибольшая масса обрабатываемой заготовки, кг.....8000

Пределы частот вращения планшайбы, об/мин.....0,5 - 400

.....0,4 - 315

.....0,3 - 250

Габаритные размеры, мм.....4200x3200x5400

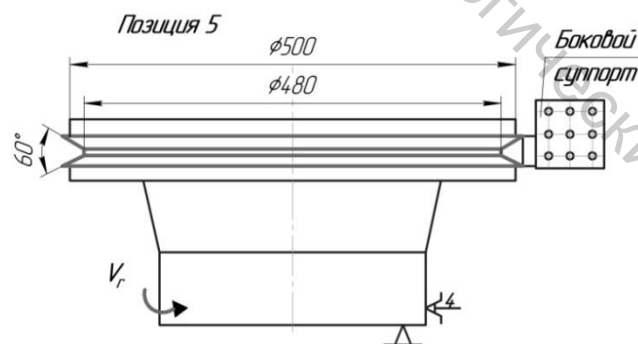
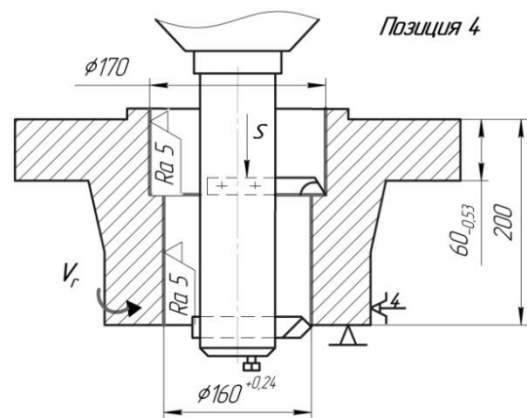
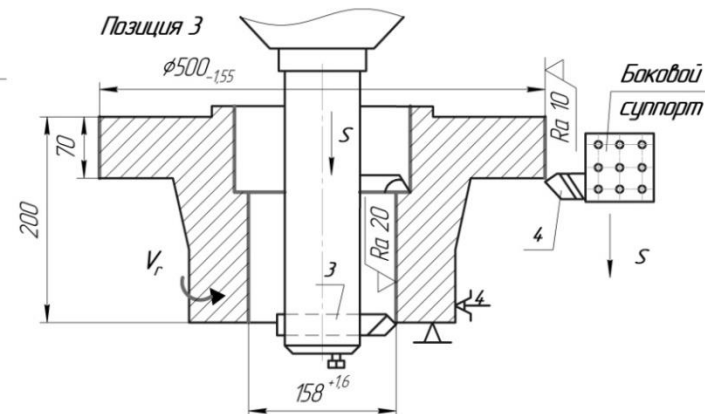
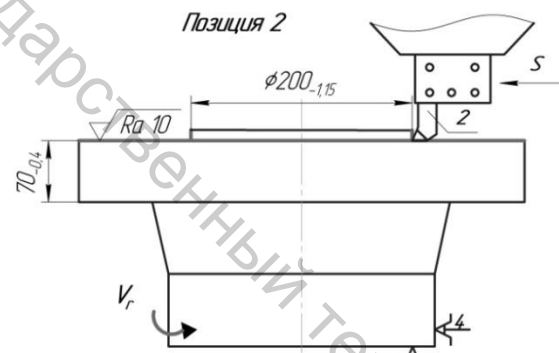
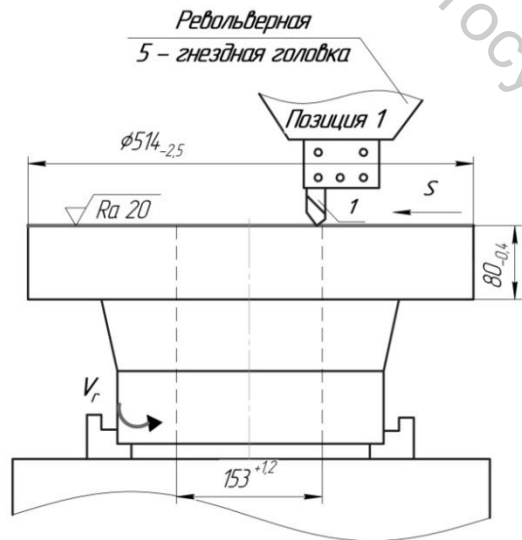


Таблица режима резания и норм времени

Режущий инструмент	t, мм	S, мм/об	V, м/мин	n, об/мин	T <sub>ор</sub> , мин	T <sub>всп</sub> , мин	T <sub>штк</sub> , мин	T <sub>штк*</sub> , мин
Резец 1 Проходной φ=45° Т5К10								
Резец 2 Проходной упорный φ=90° Т5К10								
Резец 3 Расточной φ=45° Т5К10								
Резец 4 Проходной φ=45° Т5К10								
Резец 5 Расточной φ=45° Т5К10								
Резец 6 Расточной φ=45° Т5К10								
Резец 7 Канальный Т15К6								

Схема наладки токарно-карусельного станка

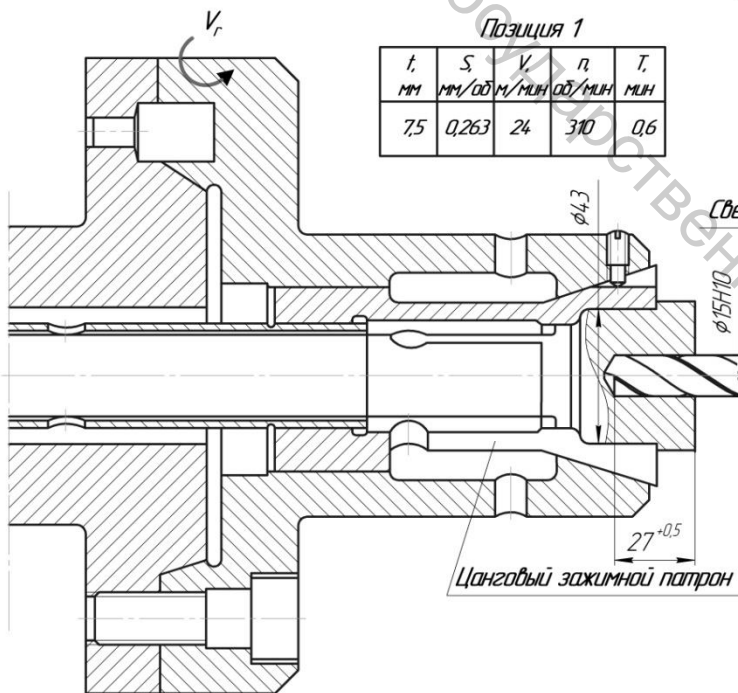
Лист

# Операция 015: Токарно-револьверная

Приспособление: Цанговый зажимной патрон

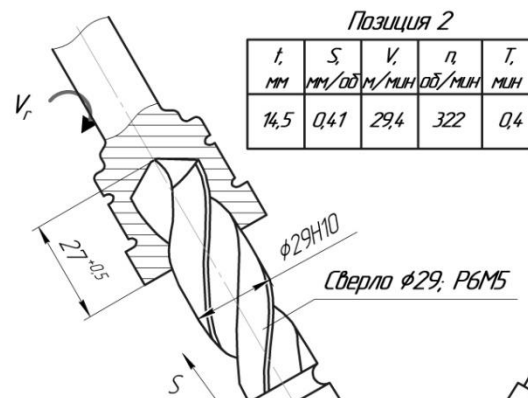
Оборудование: Токарно-револьверный станок мод. 1К341

1.6 – позиции револьверной головки



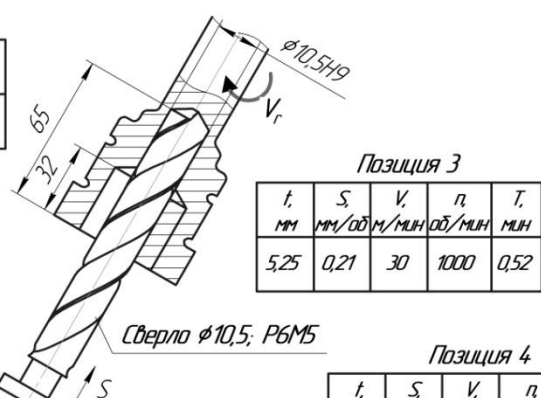
Позиция 1

t, мм	S, мм/об	V, м/мин	n, об/мин	T, мин
7,5	0,263	24	310	0,6



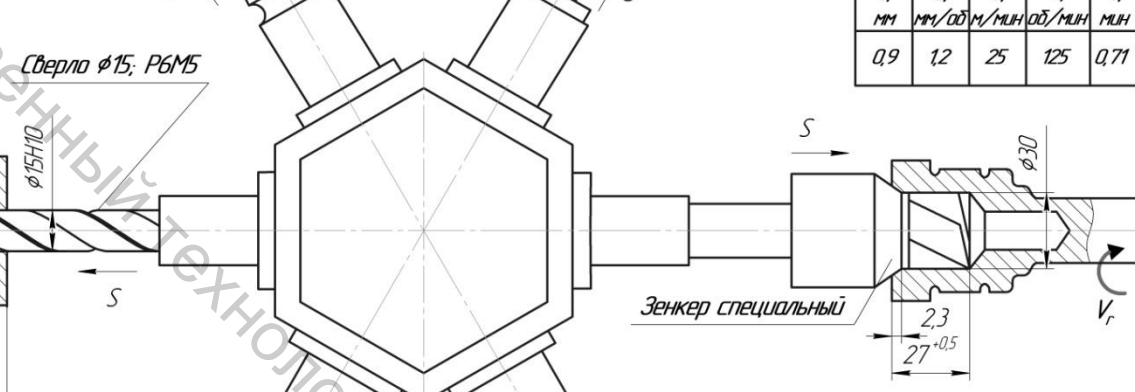
Позиция 2

t, мм	S, мм/об	V, м/мин	n, об/мин	T, мин
14,5	0,41	29,4	322	0,4



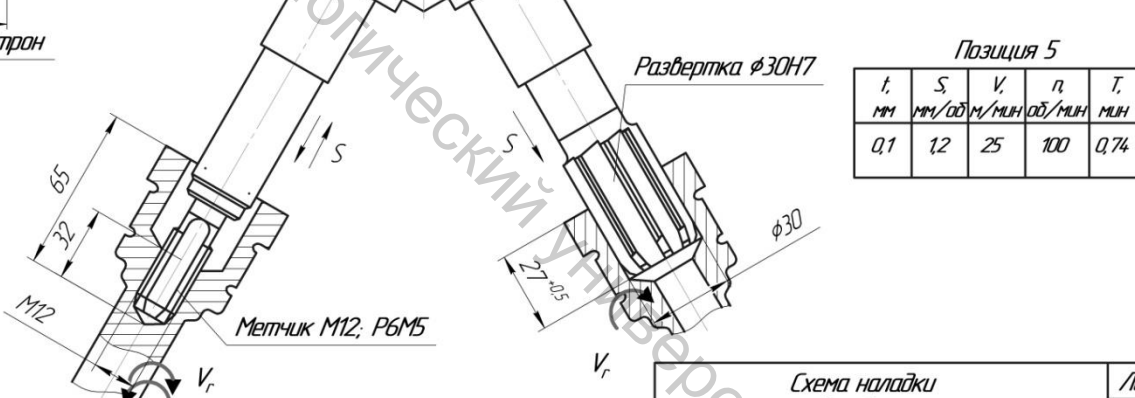
Позиция 3

t, мм	S, мм/об	V, м/мин	n, об/мин	T, мин
5,25	0,21	30	1000	0,52



Позиция 4

t, мм	S, мм/об	V, м/мин	n, об/мин	T, мин
0,9	1,2	25	125	0,71



Позиция 5

t, мм	S, мм/об	V, м/мин	n, об/мин	T, мин
0,1	1,2	25	100	0,74

Позиция 6

t, мм	S, мм/об	V, м/мин	n, об/мин	T, мин
0,9	1,75	22,5	235	0,17

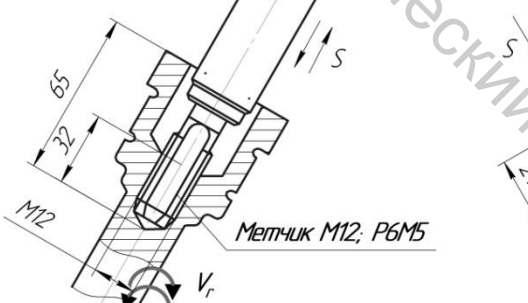


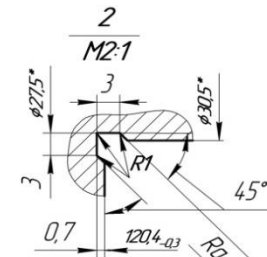
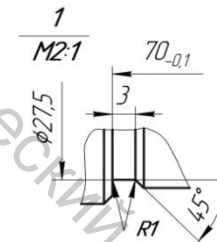
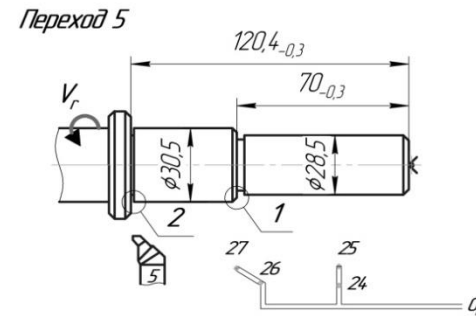
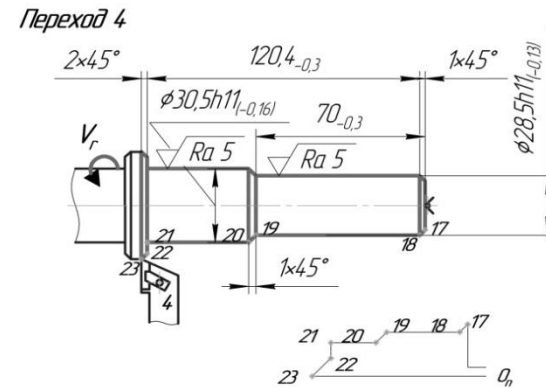
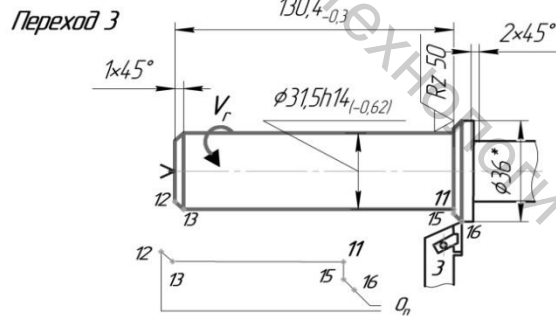
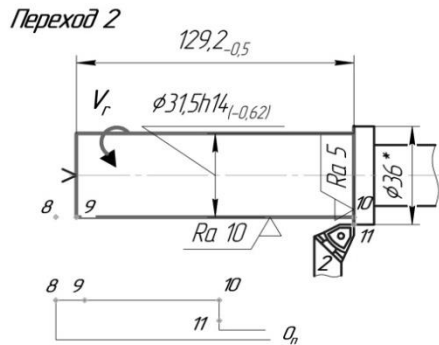
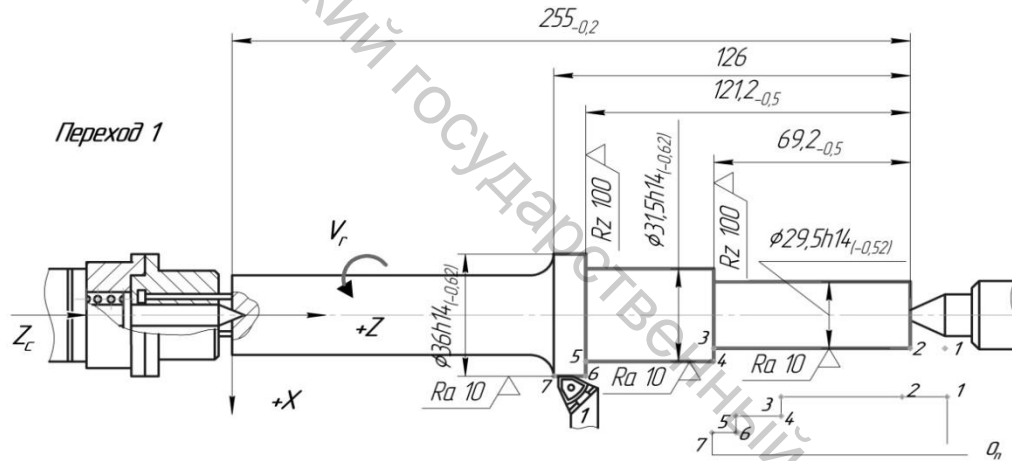
Схема наладки токарно-револьверного станка

Лист

# Операция 010: Токарная с ЧПУ

Оборудование: Токарный станок с ЧПУ мод. 16K2СФ32 код. 3811623277

Приспособление: Поводковый торцевой патрон, вращ. центр



1 – резец проходной упорный Т15К6  
2 – резец проходной упорный левый Т15К6

Таблица режимов резания

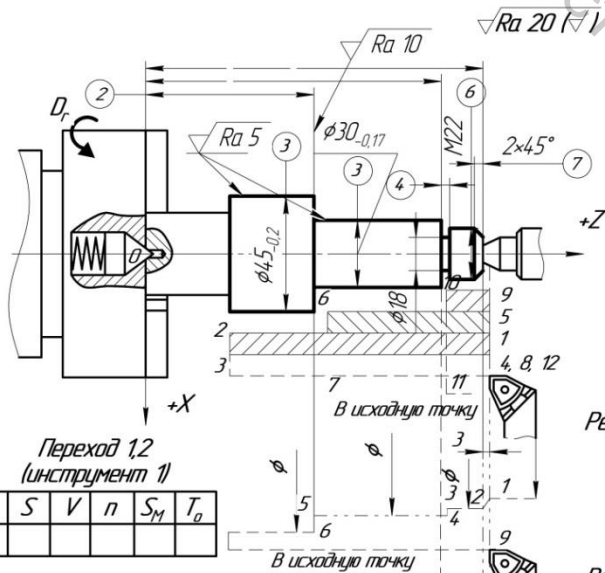
№ п/п	№ ин-та	Обозначение инструмента	№ п/п	Режимы резания						
				f	S <sub>p</sub>	S <sub>m</sub>	n	V	T <sub>d</sub>	
		Резец 2102-0281 ГОСТ 21151-75 Т15К10 WNLUM								
		Резец 2102-0252 ГОСТ 21151-75								
		Резец 2102-0642 ГОСТ 20872-80 Т30К4 УНУХ								

Схема наладки токарного станка с ЧПУ

Лист

### Операция 015: Токарная с ЧПУ

Приспособление: поводковый торцевой патрон, вращ. центр



① ⑦ - обрабатываемые поверхности

Переход 1,2  
(инструмент 1)

f	S	V	n	S <sub>M</sub>	T <sub>0</sub>

Переход 5  
(инструмент 4)

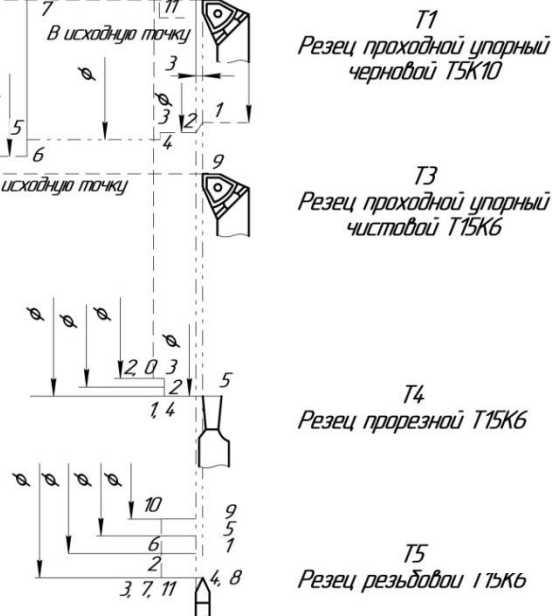
f	S	V	n	S <sub>M</sub>	T <sub>0</sub>

Переход 4  
(инструмент 3)

f	S	V	n	S <sub>M</sub>	T <sub>0</sub>

Переход 5  
(инструмент 4)

f	S	V	n	S <sub>M</sub>	T <sub>0</sub>



Оборудование: Токарный станок с ЧПУ мод. 16K2CF32

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм

над станком	400
над суппортом	220

Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм.....1000

Шаг нарезаемой резьбы, мм.....до 20

Частота вращения шпинделя, мин<sup>-1</sup>.....12,5 - 2000

Число скоростей шпинделя.....22

Наибольшее перемещение суппорта, мм

продольное	900
поперечное	250

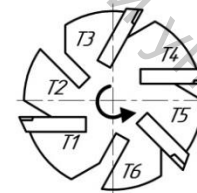
Подача суппорта, мм/об

продольная	3 - 1200
поперечная	1,5 - 600

Мощность эл. двигателя главного движения, кВт.....10

Габаритные размеры (без ЧПУ), мм.....3360x1710x1750

Схема установки инструментов в инструментальной головке



T1, T6 - позиции инструментальной головки

### Операция 020: Вертикально-сверлильная

Приспособление: Скальчатый кондуктор  
 Вспомогательный инструмент: Трехпозиционная инструментальная головка,  
 патрон сверлильный с внутренним подводом СОЖ

Оборудование: Вертикально-сверлильный станок мод. 2А125 (код 3812132603)  
 Наибольший диаметр сверления, мм.....25  
 Вылет шпинделя, мм.....250  
 Наибольшее расстояние от торца шпинделя до рабочей поверхности стола, мм.....1600  
 Размеры рабочей поверхности стола, мм.....400x450  
 Частота вращения шпинделя, мин<sup>-1</sup>.....5-2000  
 Мощность электродвигателя главного движения, кВт.....2,2  
 Габаритные размеры, мм.....2390x805x1130

Патрон с внутренним подводом СОЖ

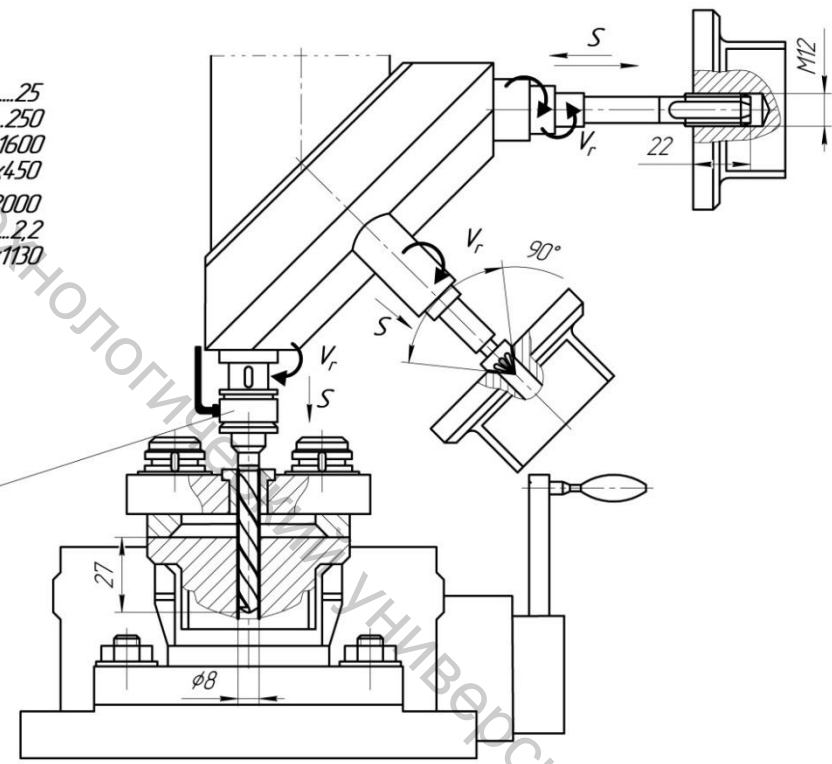
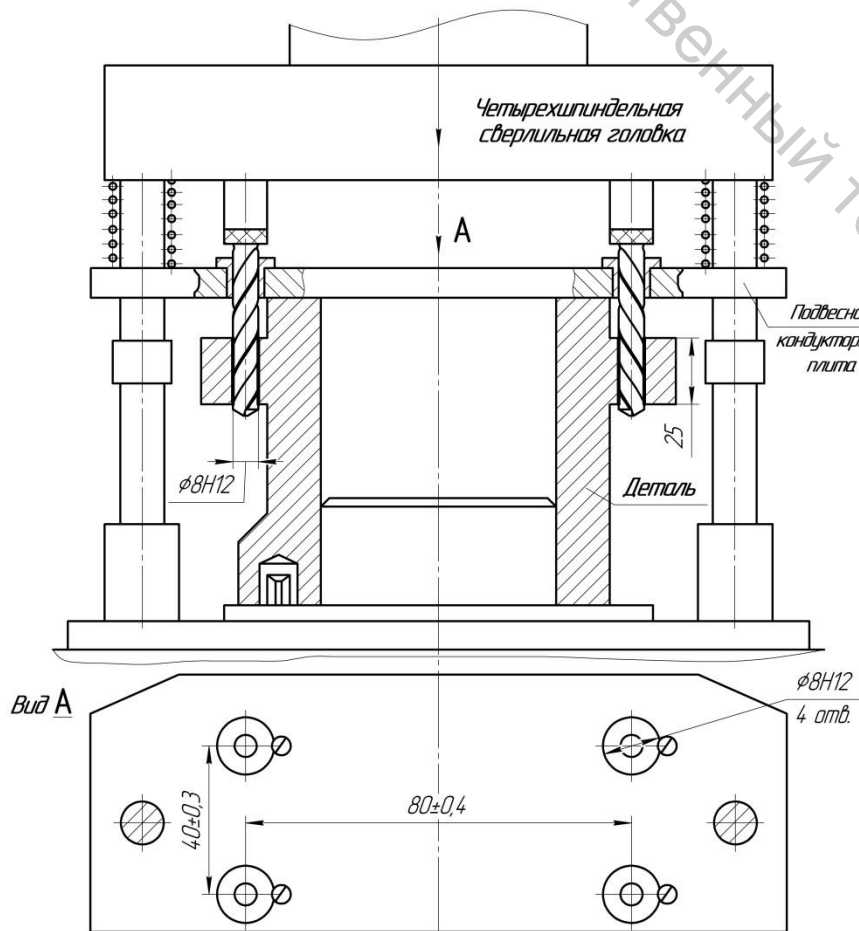


Таблица режима резания и норм времени

Режущий инструмент	t, мм	S, мм/об	V, м/мин	n, об/мин	T <sub>св</sub> , мин	T <sub>всп</sub> , мин	T <sub>штп</sub> , мин
1. Сверло φ16	5	0,15	18	575	0,65	1,3	1,5
2. Зенковка 90°, P9	1	0,1	19,5	575			
3. Метчик M12	1	1,75	6	190			

**Операция 035: Вертикально-сверлильная**

Оборудование: Вертикально-сверлильный станок мод. 2А125 (код 3812132603)  
 Приспособление: Кондуктор с подвесной кондукторной плитой, 4-шпиндельная сверлильная головка



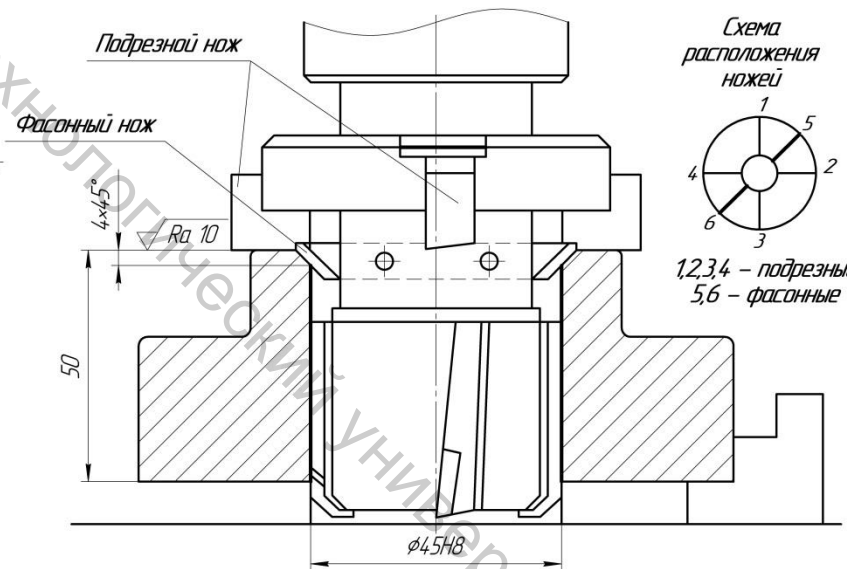
Режущий инструмент	t, мм	S, мм	V, м	n, об/мин	T <sub>ср.</sub> , мин	T <sub>всп.</sub> , мин	T <sub>штк.</sub> , мин	T <sub>штк.</sub> , мин

**Операция 015: Вертикально-сверлильная**

Оборудование: Вертикально-сверлильный станок мод. 2А125 (код 3812132603)  
 Приспособление: 3-х кулачковый настольный патрон с пневмоприводом

Таблица режима резания и норм времени

Режущий инструмент	t, мм	S, мм	V, м	n, об/мин	T <sub>ср.</sub> , мин	T <sub>всп.</sub> , мин	T <sub>штк.</sub> , мин	T <sub>штк.</sub> , мин
Зенкер комбинированный ВКВ								



Оборудование: Вертикально-сверлильный станок мод. 2Н135 (код 38121327010)  
 Наибольший диаметр сверления в стали 45, по ГОСТ1050-74, мм.....4,0  
 " " большее усилие подачи, Н.....15000  
 скорость вращения шпинделя, мин<sup>-1</sup>.....315 - 1400 (23 скорости)  
 подачи девяти подач шпинделя, мм/об.....0,1 - 1,6  
 рабочая поверхность стола, мм.....450x500  
 Мощность электродвигателя главного движения, кВт.....4,1  
 Габаритные размеры, мм.....1030x875x2535

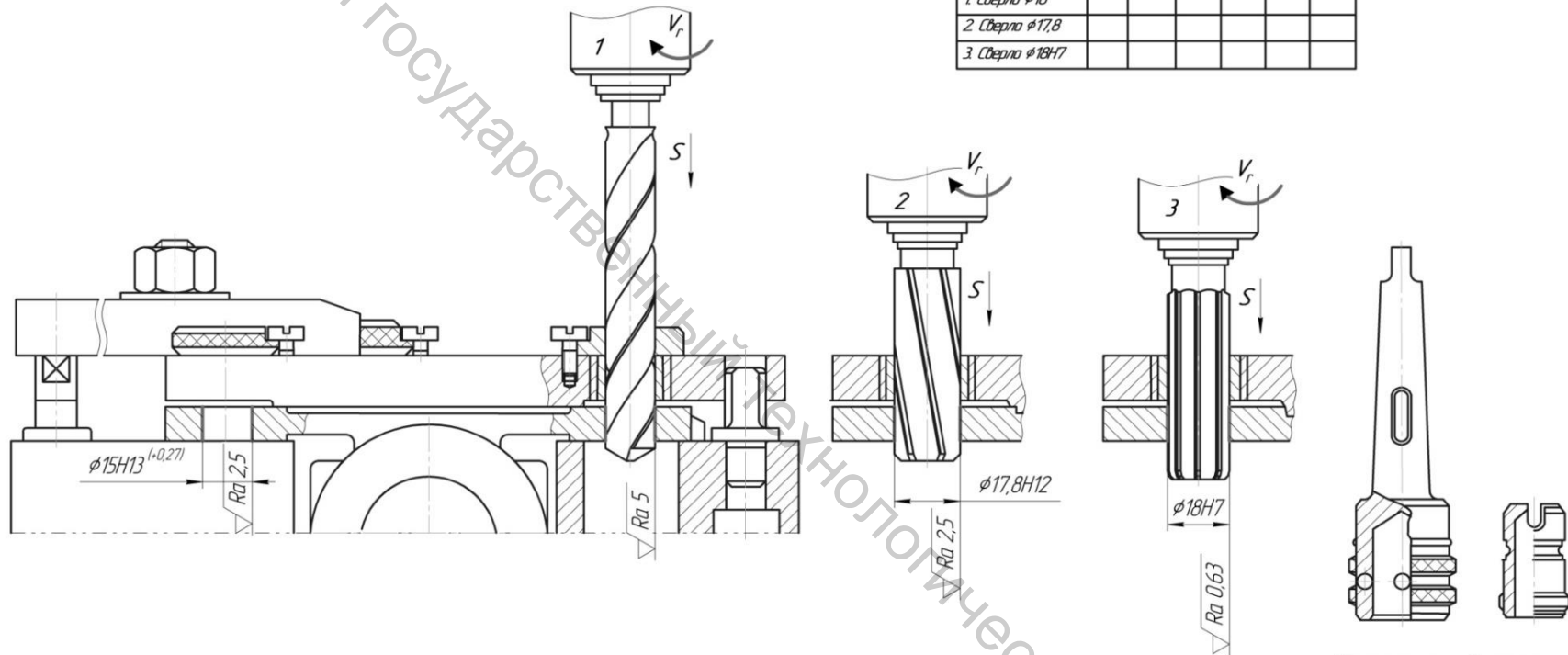
### Операция 020: Радиально-сверлильная

Приспособление: Кондуктор

Вспомогательный инструмент: Быстросъемный патрон

Таблица режима резания и норм времени

Режущий инструмент	$t$ , мм	$S$ , мм/об	$V$ , м/мин	$n$ , об/мин	$T_{ор}$ , мин	$T_{всп}$ , мин
1. Сверло $\phi 16$						
2. Сверло $\phi 17,8$						
3. Сверло $\phi 18H7$						



Оборудование: Радиально-сверлильный станок модели 2A554 (код 3812173810)

Наибольший диаметр сверления в стали, мм.....50

Наибольшее расстояние от оси шпинделя до образующей колонны, мм.....1600

Наибольшее расстояние от торца шпинделя до рабочей поверхности фундаментальной плиты, мм.....1600

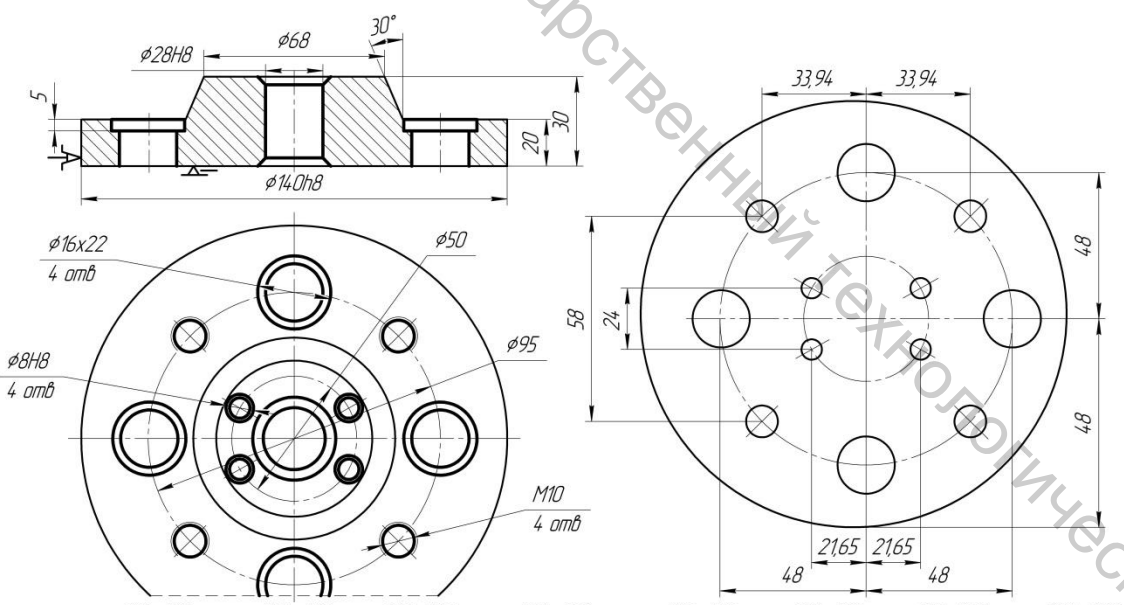
Частота вращения шпинделя, мин<sup>-1</sup>.....18-2000 (24 скорости)

Схема наладки радиально-сверлильного станка

Лист

Витебский государственный технологический университет

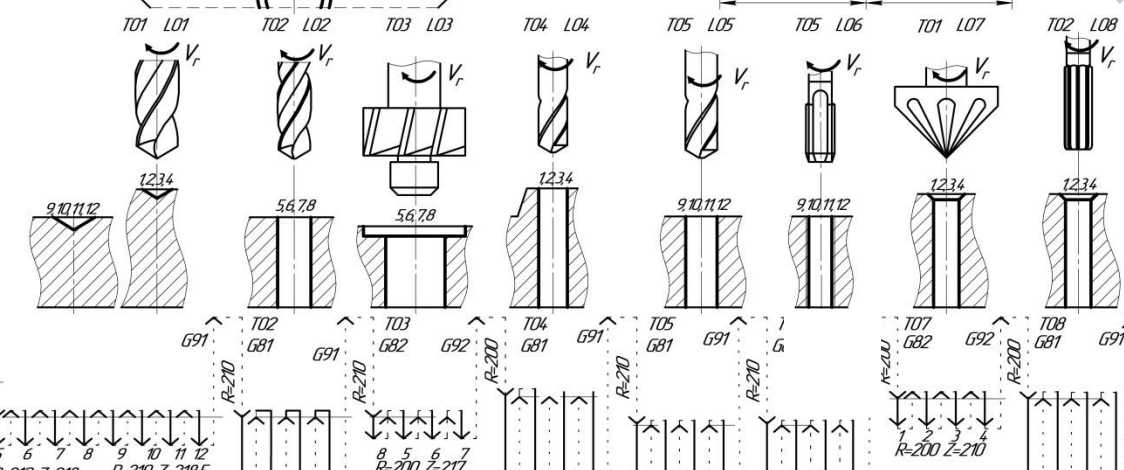
**Операция 025: Сверлильная с ЧПУ**  
 Приспособление: 3-х кулачковый патрон



Оборудование: Вертикально-сверлильный станокс ЧПУ  
 мод. 2Р135Ф2 с ЧПУ 2П32-3

Наибольший диаметр сверления, мм.....35  
 Наибольший диаметр обрабатываемой резьбы.....32  
 Подача суппорта (число ступеней18), м/мин.....1-100  
 Частота вращения шпинделя (число ступеней 12), мин<sup>-1</sup>.....35,5-1600  
 Размеры рабочей поверхности стола, мм.....400x710  
 Скорость быстрого перемещения стола и салазок, м/мин.....7  
 Наибольшее поперечное перемещение салазок, мм.....300  
 Наибольшее продольное перемещение стола, мм.....630  
 Точность позиционирования стола и салазок, мм.....0,05  
 Дискретность задания перемещений, мм.....0,01  
 Наибольшая масса оттачиваемой детали, кг.....300  
 Мощность электродвигателя гладного движения, кВт.....4/4,5

Переходы	Инструменты	Позиция Т	Путь мм /	n об/мин	Код S	S <sub>max</sub> мм/мин	Код P	Код L
1. Центровать отв. 12,34, 5,6,7,8, 9,10,11,12	Сверло φ20 Р6М5	T01	6, 8, 8,5	250	07	63	09	01
2. Сверлить отверстие: 5,6,7,8	Сверло φ16 ВК8	T02	29	1000	11	200	14	02
3. Цековать отверстие: 5,6,7,8	Цековка φ22	T03	7	250	07	125	12	09
4. Сверлить отверстие: 5,6,7,8	Сверло φ7,8	T04	37	710	10	100	11	09
5. Сверлить отверстие: 9,10,11,12	Сверло φ8,5	T05	27	710	10	100	11	09
6. Нарезать резьбу в отв. 9,10,11,12	Метчик М8	T06	258	180	06	315	06	09
7. Зенковать отв. 12,34	Зенковка ∠=60°	T07	10	250	07	50	08	09
8. Развертывать отв. 12,34	Развертка 8h8	T08	59	250	07	160	13	08

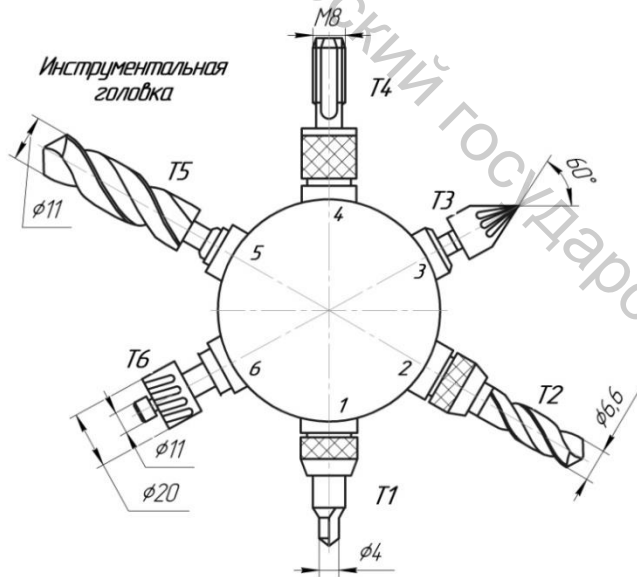


Координаты точек

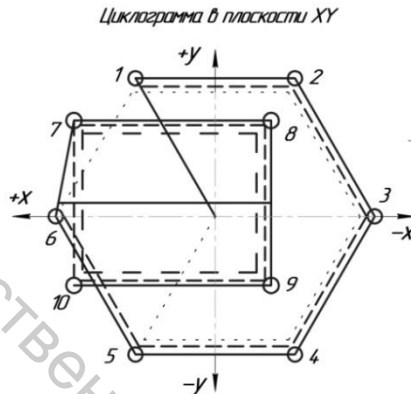
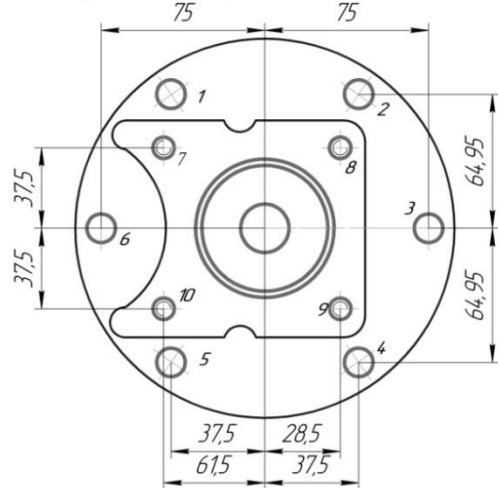
Точки	X, мм	Y, мм
1	+21,65	+17,5
2	-21,65	+17,5
3	-21,65	-17,5
4	+21,65	-17,5
5	+4,8	0
6	0	+4,8
7	-4,8	0
8	0	-4,8
9	+33,94	-33,94
10	+33,94	+33,94
11	-33,94	+33,94
12	-33,94	-33,94

# Операция 025: Сверлильная с ЧПУ

Оборудование: Сверлильный станок с ЧПУ мод. 2P178  
 Приспособление: УПС



Чертеж детали (вид в плане)



- T1 Сверло центровое
- - - T2 Сверло  $\phi 6,6$
- · · T3 Зенковка конич
- - - T4 Метчик М8
- · · T5 Сверло  $\phi 11$
- - - T6 Зенковка торцовая

Координаты центров отверстий

Точки	X, мм	Y, мм
1	37,5	-64,95
2	-37,5	-64,95
3	-75	0
4	-37,5	64,95
5	37,5	64,95
6	75	0
7	61,5	-37,5
8	-28,5	-37,5
9	-28,5	37,5
10	61,5	37,5

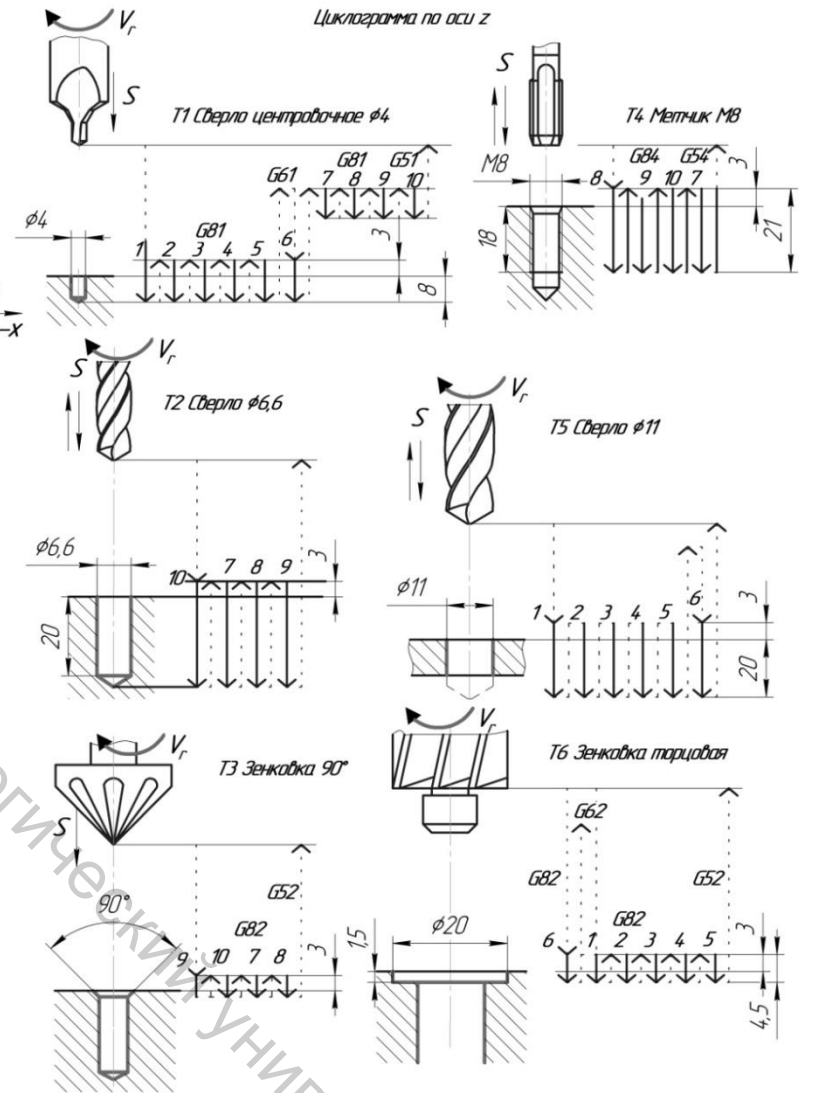


Схема наладки сверлильного станка с ЧПУ

Лист

### Операция О30: Плоскошлифовальная

Оборудование: Плоскошлифовальный станок с вертикальным шпинделем повышенной точности модели ЗЕ756

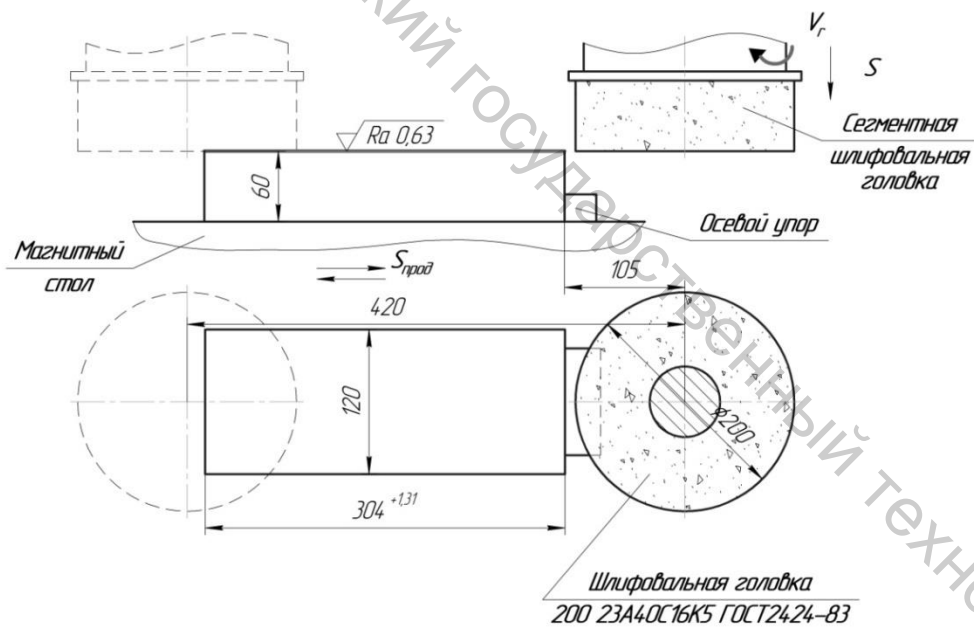


Таблица режима резания

$t$ , мм	$S$ , мм/об x об/мин	$n$ , об/мин	$T$ , мин
0,045	0,045	1600	0,44

### Операция О30: Хонинговальная

Оборудование: Хонинговальный полуавтомат модели ЗК82У

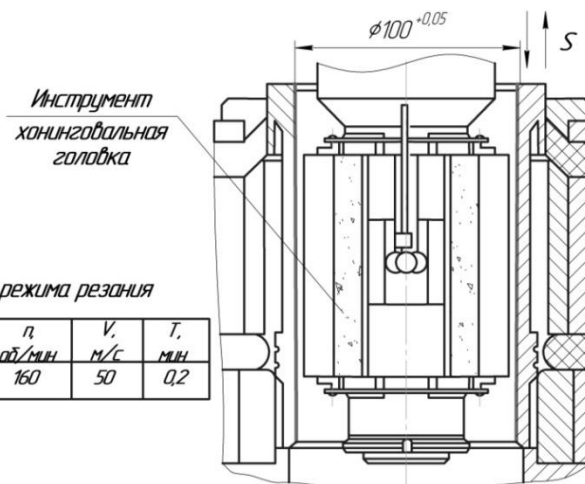


Таблица режима резания

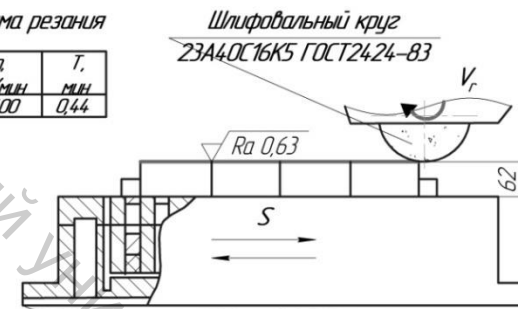
$t$ , мм	$S$ , мм/об x об/мин	$n$ , об/мин	$V$ , м/с	$T$ , мин
0,0075	46	160	50	0,2

### Операция О30: Плоскошлифовальная

Оборудование: Плоскошлифовальный станок с крестовым столом и горизонтальным шпинделем высокой точности модели ЗД710В-1

Таблица режима резания

$t$ , мм	$S$ , мм/об x об/мин	$n$ , об/мин	$T$ , мин
0,045	0,045	1600	0,44



Схемы наладок шлифовального и хонинговального станков

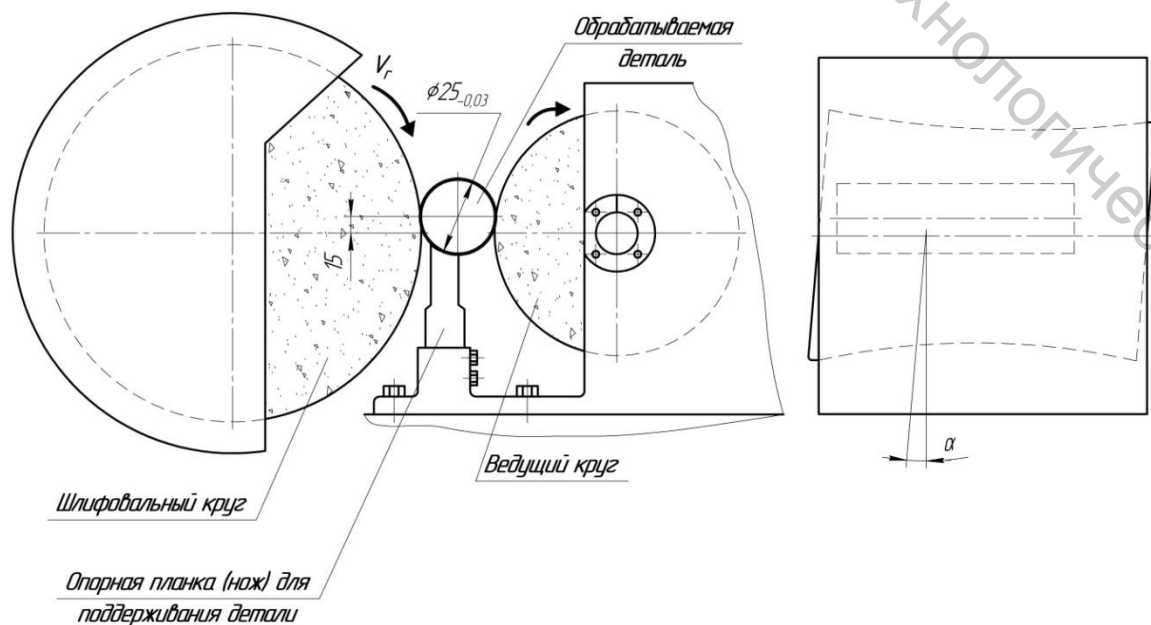
Лист

### Операция 020: Бесцентрово-шлифовальная

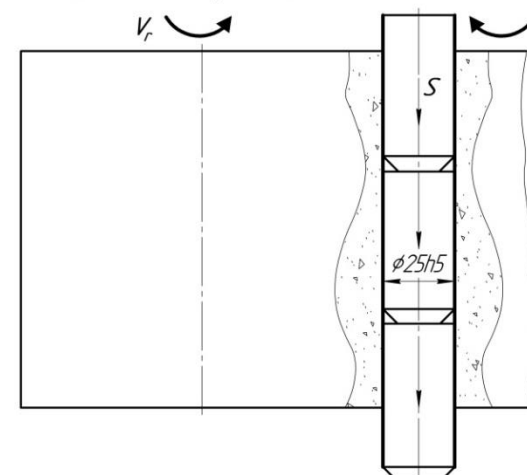
**Оборудование:**

Бесцентрово-шлифовальный полуавтомат высокой точности модели ЗЕ84В (код 381314.14.11)

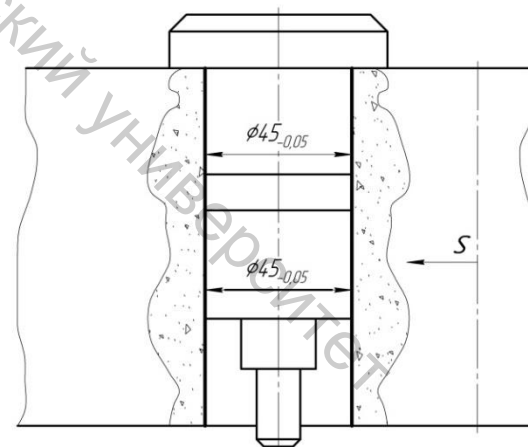
Наибольший диаметр устанавливаемого изделия, мм.....	80
Частота вращения шлифовального круга, об/мин.....	2293 и 1337
Наибольшая длина шлифования: сквозного и врезного, мм.....	245
Частота вращения ведущего круга, мин <sup>-1</sup> .....	18-150
при правке.....	300
Наибольшее установочное перемещение шлифовальной давки, мм.....	14,0
Мощность электродвигателя главного движения, кВт.....	3,0
Габаритные размеры, мм.....	3570x2355x2120



Вариант 1. Шлифование с продольной подачей (сквозное шлифование)  $\alpha=1..7^\circ$



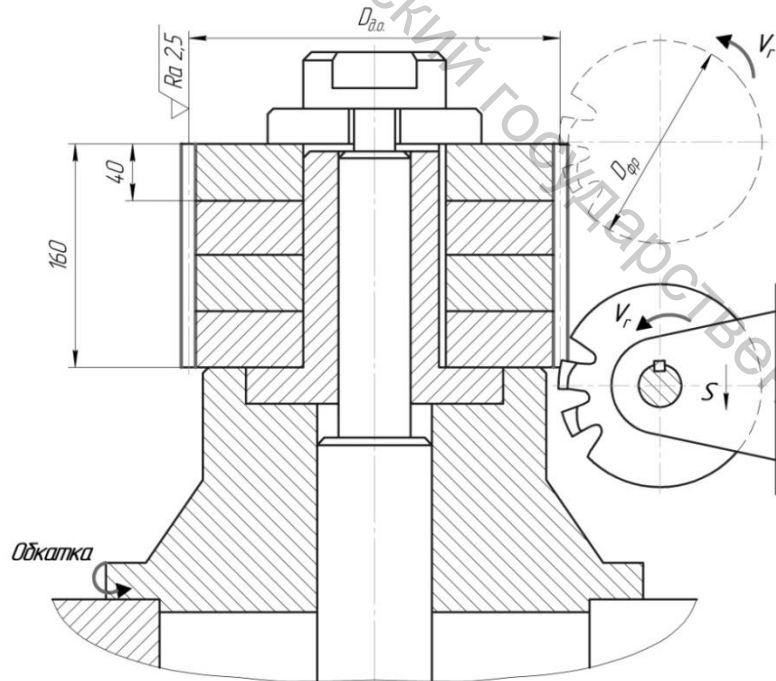
Вариант 2. Шлифование с поперечной подачей (метод врезания)  $\alpha=0^\circ$



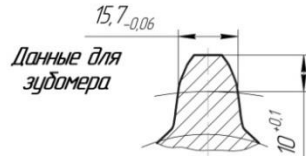
### Операция 025: Зубофрезерная

Оборудование: Зубофрезерный станок мод. 5Д312П

Приспособление: Оправка шпоночная с пневмоприводом (наладка на 4 детали)



Модуль	m	3
Число зубьев	z	40
Степень точности		8IT
Угол наклона оси червячной фрезы	$\beta$	$3^{\circ}30'$



Данные для зубомера

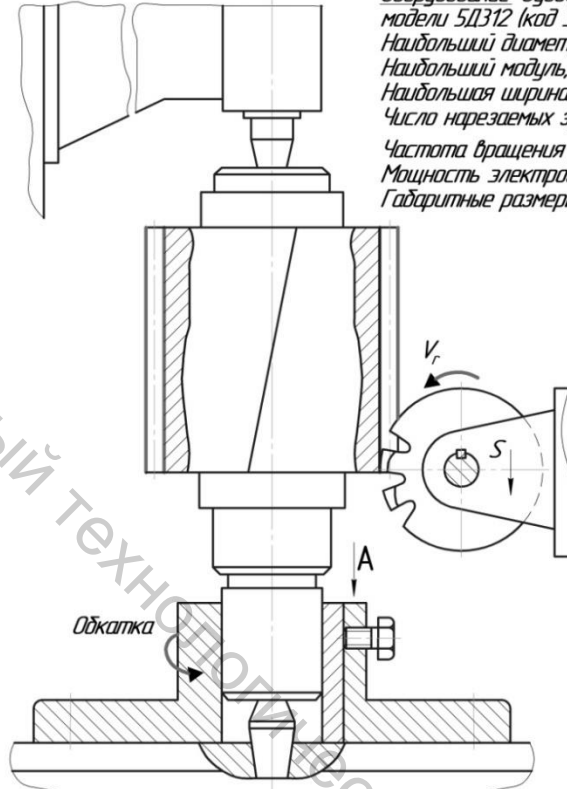
Таблица режима резания и норм времени

Режущий инструмент	t, мм	S, мм/об	V, м/мин	n, об/мин	T <sub>ос.</sub> , мин	T <sub>ост.</sub> , мин	T <sub>штп.</sub> , мин	T <sub>штк.</sub> , мин
Фреза червячная Ø80, m=3, P6M5								

### Операция 025: Зубофрезерная

Оборудование: Зубофрезерный станок мод. 5Д312

Приспособление: Центры, поводковое устройство



Оборудование: Зубофрезерный вертикальный полуавтомат модели 5Д312 (код 3814.224.14)

Наибольший диаметр нарезаемых колес, мм.....120

Наибольший модуль, мм.....6

Наибольшая ширина нарезаемых колес, мм.....60

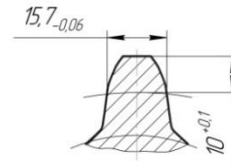
Число нарезаемых зубьев (наименьшее).....6

Частота вращения резервного шпинделя, мин<sup>-1</sup>.....50-475

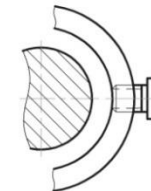
Мощность электродвигателя главного движения, кВт.....6,2

Габаритные размеры, мм.....1790x1425x2350

Данные для зубомера



Вид А



Модуль	m	3
Число зубьев	z	40
Степень точности		8IT
Угол наклона оси червячной фрезы	$\beta$	$3^{\circ}30'$

Таблица режима резания и норм времени

Режущий инструмент	t, мм	S, мм/об	V, м/мин	n, об/мин	T <sub>ос.</sub> , мин	T <sub>ост.</sub> , мин	T <sub>штп.</sub> , мин	T <sub>штк.</sub> , мин
Фреза червячная Ø80, m=3, P6M5								

Схема наладок зубофрезерных станков

Лист

### Операция 030: Зубофрезерная

Оборудование: Зубофрезерный полуавтомат мод. ЕЗ-40  
 Приспособление: Цанговый патрон

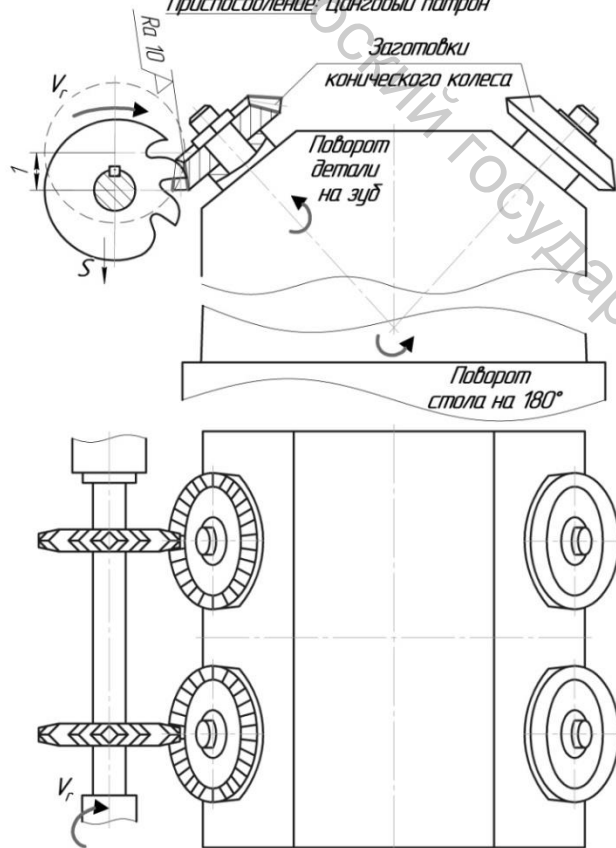


Таблица режима резания и норм времени

Режущий инструмент	t, мм	S, мм/мин	V, м/мин	n, об/мин	T <sub>ор</sub> , мин	T <sub>всп.</sub> , мин	T <sub>штк.</sub> , мин	T <sub>штк.</sub> , мин
Фреза дисковая модульная 18Q, z=10, P6M5								

### Операция 030: Зубодолбежная

Приспособление: гидропластный патрон  
 Оборудование: вертикальный полуавтомат модели 5B12

Диаметр обрабатываемого колеса, мм:  
 с наружным зацеплением.....12-208  
 с внутренним зацеплением.....220  
 Наибольшая ширина нарезаемого колеса:  
 с наружным зацеплением.....50  
 с внутренним зацеплением.....30  
 Модуль, мм.....1-4  
 Число двойных ходов в минуту.....200; 315; 425; 600  
 Круговой подачи на двойной ход долбяка, мм.....0,1-0,46  
 Радиальная подача, мм.....0,1; 0,3 от S<sub>кр</sub>  
 Мощность электродвигателя, кВт.....15  
 Габаритные размеры, мм.....2050x1610x1780

Параметры шестерни

Модуль m	15
Число зубьев z	24
Угол зацепления α	20

Таблица режима резания

t, мм	S, мм/мин	V, м/мин	n, об/мин	T <sub>штк.</sub> , мин
18	20	0,2	900	0,72

### Операция 035: Шевинговальная

Приспособление: Центра дискового шевера  
 Оборудование: зубошевинговальный полуавтомат модели 5Б702В

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм.....320  
 Наибольший модуль, мм.....6  
 Наибольшая ширина венца обрабатываемого колеса, мм...110  
 Частота вращения шевера, мин<sup>-1</sup>.....63-500  
 Мощность электродвигателя гладкого движения, кВт.....3,2  
 Габаритные размеры.....1950x1600x2130

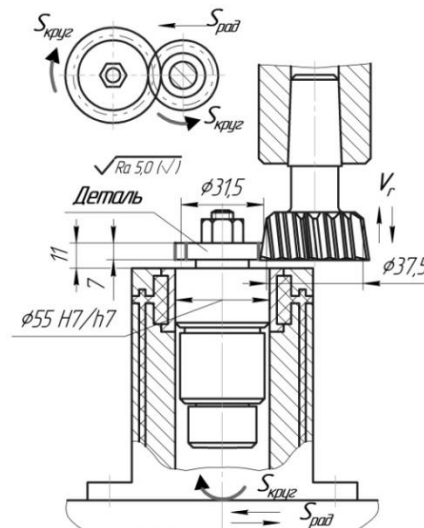
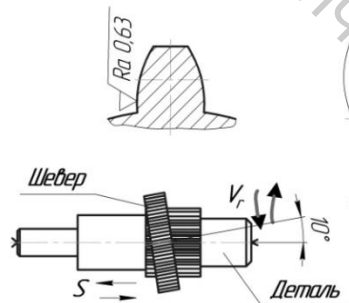


Таблица режима резания

Режущий инструмент	t, мм	S <sub>кр</sub> , мм/мин	S <sub>рад</sub> , мм/мин	V, м/мин	n, об/мин
Шевер дисковый m=5, φ24Q, z=34, P6M5					

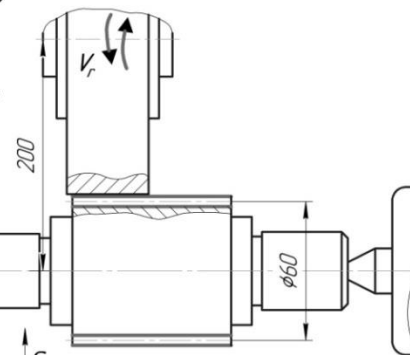


Схема наладок зуборезных станков

### Операция 035: Зубофрезерная

Приспособление: Хомутик, центра

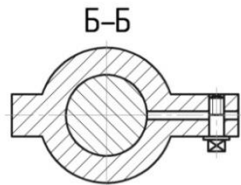
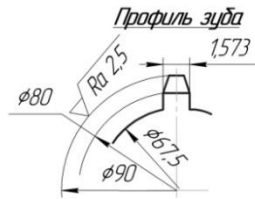
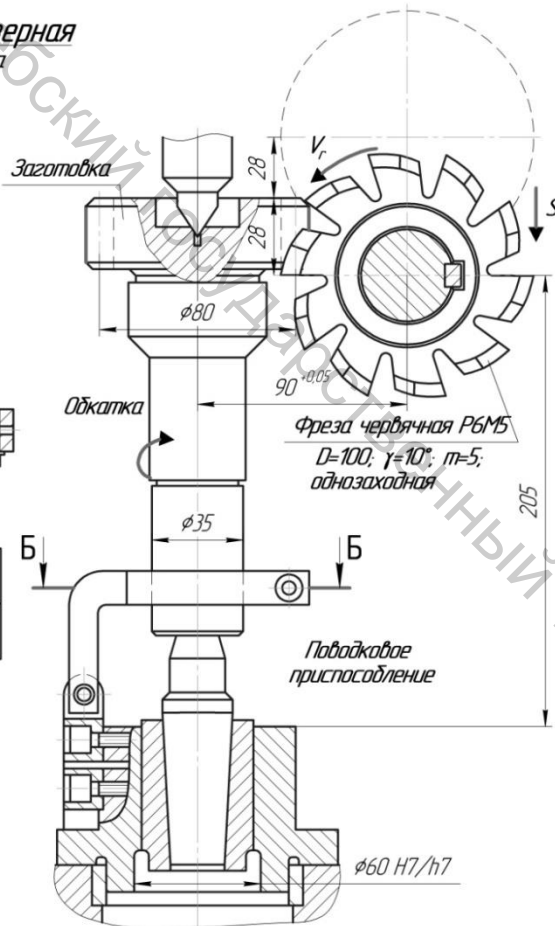


Таблица режимов резания

$t$ , мм	$S$ , мм/об	$V$ , м/мин	$n$ , об/мин	$T_{01}$ , мин
11,25	2,0	34,8	150	154

Число зубьев $z$	
Модуль $m$	
Диаметр делит. окруж.	
Угол зацепления	
Кэф. высоты зуба	
Полная высота зуба	
Длина общей нормали	



Оборудование: Зубофрезерный полуавтомат мод. 53A30, код 3815722406

Наибольший диаметр обрабатываемых колес, мм.....	320
Наибольший модуль, мм.....	6
Наибольшая ширина нарезаемых колес, мм.....	220
Число нарезаемых зубьев наименьшее.....	6
Частота вращения фрезерного шпинделя, мин <sup>-1</sup> .....	50-500
Мощность двигателя главного движения, кВт.....	3,2-4,2
Габаритные размеры, мм.....	2300x1300x1950

### Операция 035: Шлицефрезерная

Приспособление: Поводковая планшайба, хомутик, центра

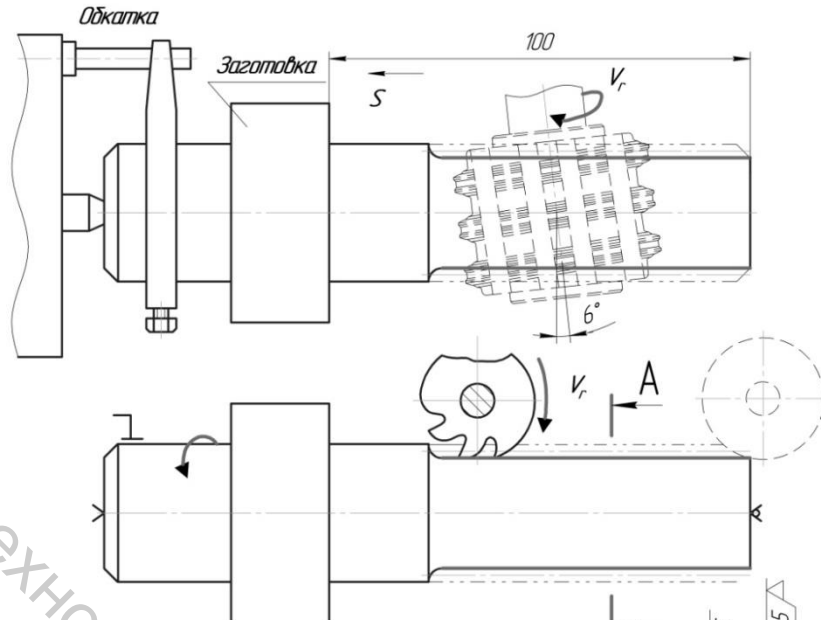
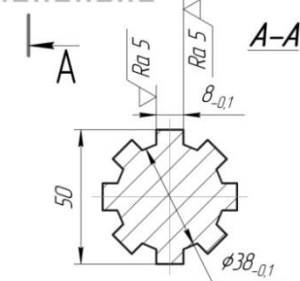


Таблица режима резания и норм времени

Режущий инструмент	$t$ , мм	$S$ , мм/об	$V$ , м/мин	$n$ , об/мин	$T_{01}$ , мин	$T_{02}$ , мин	$T_{штк}$ , мин	$T_{штк}$ , мин
Фреза червячная шлицевая φ80, $z=10$ , Р6М5								



Оборудование: Шлицефрезерный горизонтальный полуавтомат мод. 5A352ПФ2, код 3815723381

Наибольший диаметр обрабатываемых заготовок, мм.....	200
Наибольший модуль, мм.....	8
Наибольшая длина устанавливаемой заготовки, мм.....	1000
Частота вращения фрезерного шпинделя, мин <sup>-1</sup> .....	60-400
Мощность двигателя главного движения, кВт.....	5(6,3); 10
Габаритные размеры, мм.....	3500x2140x2100

Схема наладок зубофрезерных и шлицефрезерных станков

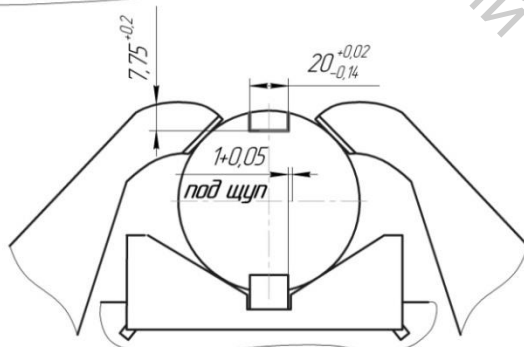
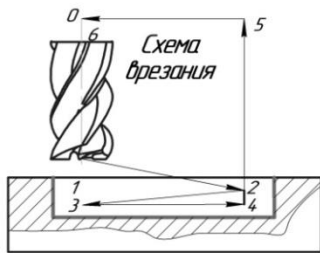
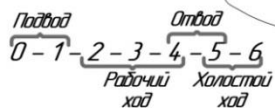
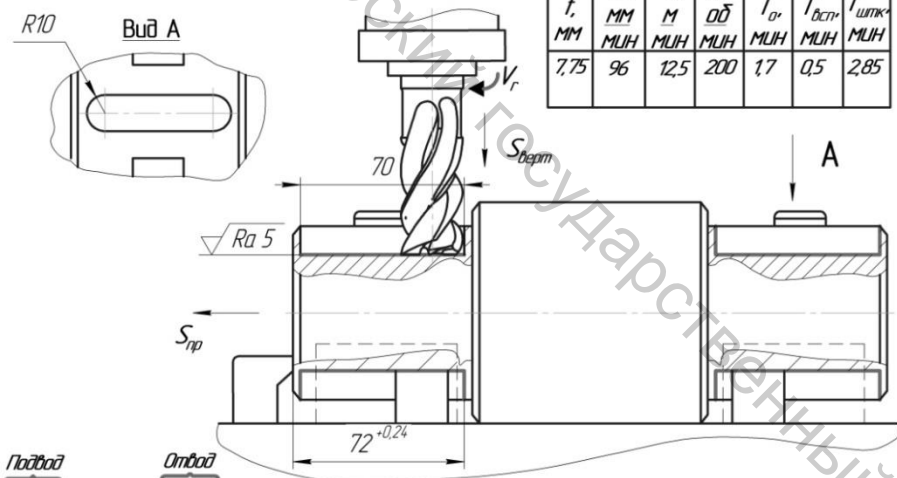
Лист

### Операция О30: Вертикально-фрезерная

Приспособление: специальное с пневмоприводом

Таблица режима резания и норм времени

t, мм	S, мм/мин	V, м/мин	n, об/мин	T <sub>ор</sub> , мин	T <sub>вспл</sub> , мин	T <sub>шплк</sub> , мин
7,75	96	12,5	200	1,7	0,5	2,85



Оборудование: Вертикально-фрезерный станок с крестовым столом, преднабором координат индикацией модели 65A60Ф1-11 (код 3816121509)  
 Размеры рабочей поверхности стола, мм.....630x2000  
 Расстояние от торца шпинделя до рабочей поверхности, мм.....125-900  
 Наибольшее перемещение стола, мм  
 продольное.....1600  
 поперечное.....630  
 вертикальное.....775  
 Частота вращения шпинделя, мин<sup>-1</sup>.....5-2000  
 Мощность электродвигателя главного движения, кВт.....30  
 Габаритные размеры, мм.....3610x4758x4100

### Операция О35: Шпоночно-фрезерная

Приспособление: специальное с пневмоприводом

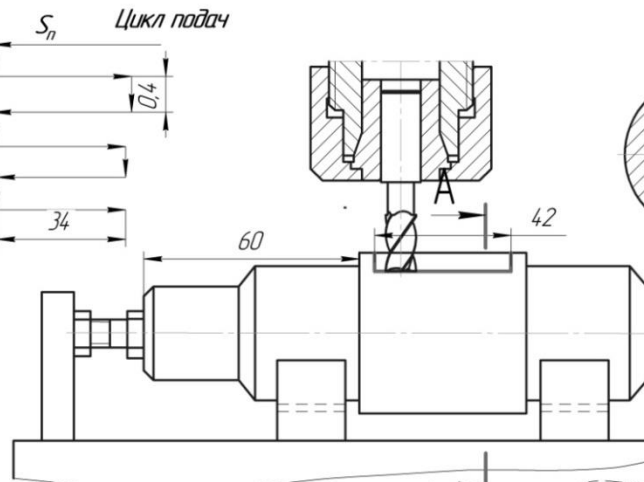
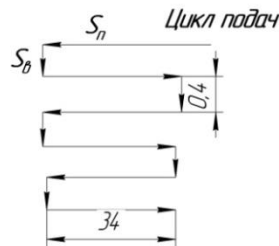


Таблица режима резания и норм времени

Режущий инструмент	t, мм	S, мм/мин	V, м/мин	n, об/мин	T <sub>ор</sub> , мин	T <sub>вспл</sub> , мин	T <sub>шплк</sub> , мин
Фреза шпоночная 2 <sup>х</sup> -зубая Ø8, P6M5							

Оборудование: шпоночно-фрезерный вертикальный станок модели 692P-1 (код 3816713502)  
 Рабочая поверхность стола, мм.....250x1000  
 Наибольшее перемещение стола, мм:  
 продольное.....700  
 вертикальное.....400  
 Ширина фрезеруемого паза, мм.....4-25  
 Частота вращения шпинделя, мин<sup>-1</sup>.....400-4000  
 Мощность электродвигателя главного движения, кВт.....3,3  
 Габаритные размеры, мм.....1505x1800

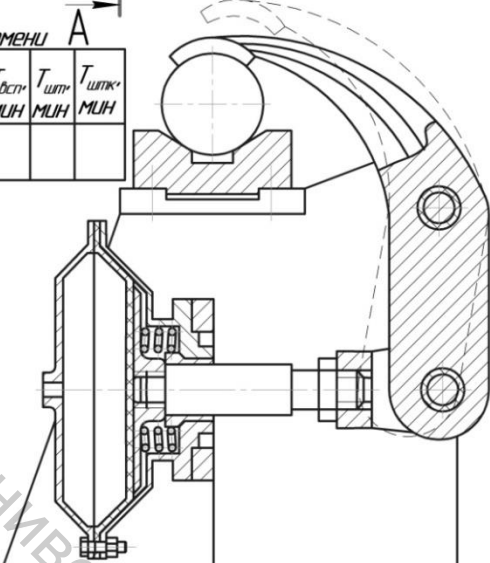


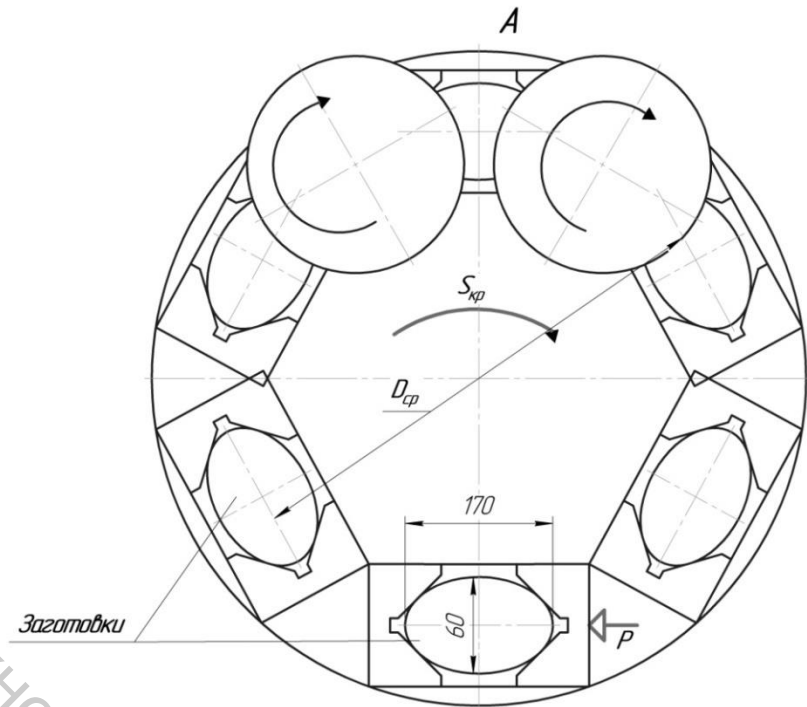
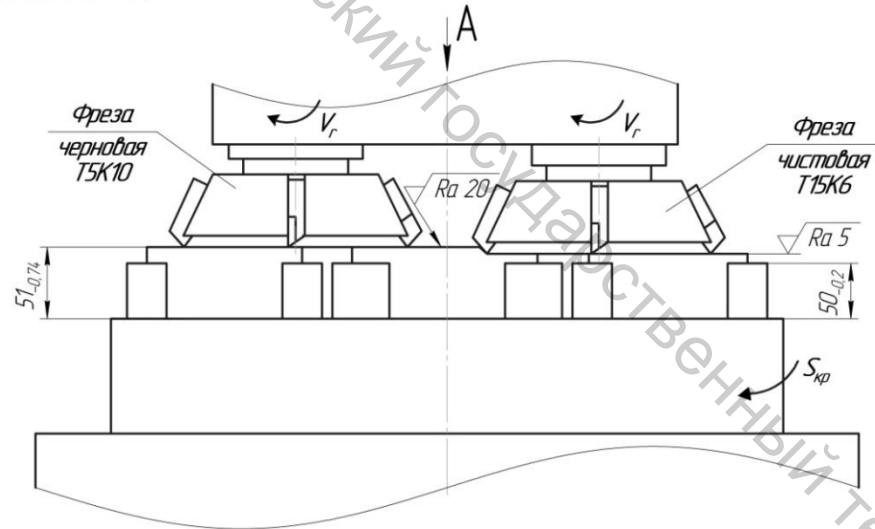
Схема наладки фрезерных станков на фрезерование шпоночных канавок

Лист

### Операция 005: Карусельно-фрезерная

Оборудование: Карусельно-фрезерный станок мод. УФ5144

Приспособление: Пневматическое тисочного типа



### Оборудование:

Карусельно-фрезерный долуавтомат модели УФ5144 (код 3818680017)

Диаметр рабочей поверхности стола, мм.....2000

Расстояние от торца шпинделя до рабочей поверхности стола, мм:

наименьшее.....400

наибольшее.....700

Пределы частоты вращения шпинделя, мин<sup>-1</sup>.....20-2000

Мощность электродвигателя главного движения, кВт.....12

Таблица режима резания и норм времени

Режущий инструмент	$t$ , мм	$S$ , мм/мин	$V$ , м/мин	$n$ , об/мин	$T_{ор}$ , мин	$T_{ост}$ , мин	$T_{шт}$ , мин	$T_{штк}$ , мин
Фреза 1. Торцовая $\phi 150$ ; Т5К10								
Фреза 2. Торцовая $\phi 150$ ; Т15К6								

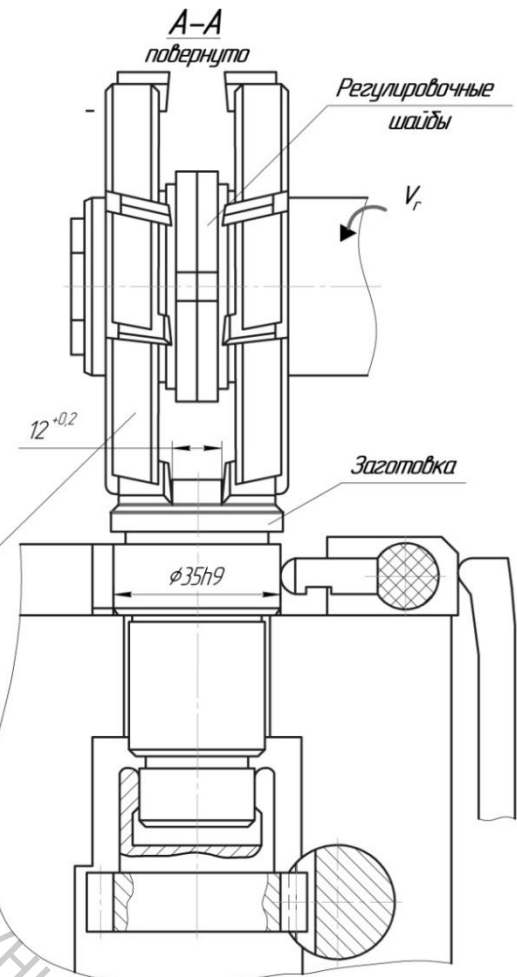
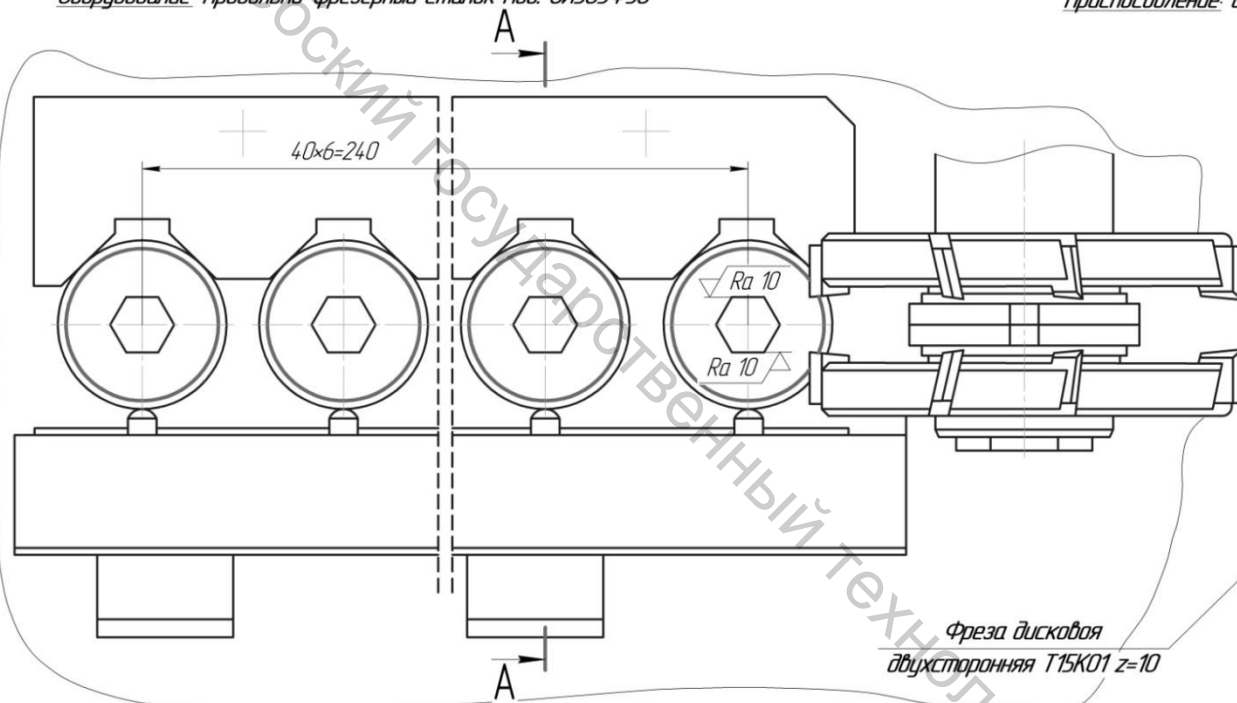
Схема наладки  
Карусельно-фрезерного станка

Лист

**Операция 020: Продольно-фрезерная**

Оборудование: Продольно-фрезерный станок мод. 6И505Ф30

Приспособление: специальное многоместное пневматическое



Фреза дисковая  
двухсторонняя Т15К01 z=10

Таблица режима резания

$t$ , мм	$S$ , мм/об	$V$ , м/мин	$n$ , об/мин	$T_{\sigma}$ , мин
2,2	0,12	308	980	3,2

Оборудование: продольно-фрезерный станок модели 6И505Ф30 (код 3816631382)

Размеры рабочей поверхности стола..... 500x1000  
 Наибольшее продольное, поперечное и вертикальное перемещение стола..... 1600, 1000 и 630  
 Частота вращения шпинделя, мин<sup>-1</sup>..... 50-450 или 50-3150  
 Пределы подачи: стола, ползуна и салазок, мм/мин..... 5-7000  
 Быстрый ход, мм/мин

стола..... 10000  
 ползуна и салазок..... 7000

Схема наладки  
продольно-фрезерного станка

Лист





### Операция 030: Горизонтально-протяжная

Приспособление: Адаптер

Оборудование: Горизонтальный протяжной станок мод. 7A534

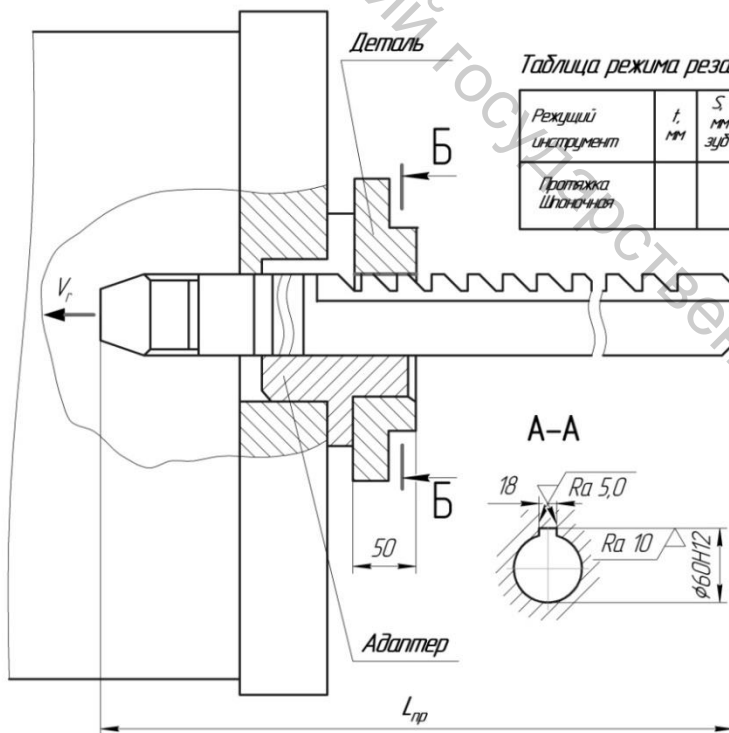


Таблица режима резания и норм времени

Режущий инструмент	$t$ , мм	$S$ , мм зуб	$V$ , м/мин	$t_{гр}$ , мин	$t_{ост}$ , мин	$T_{штк}$ , мин
Протяжка Штаночная						

Оборудование: Протяжной горизонтальный полуавтомат для внутреннего протягивания модели 7A534 (код 3817511512)

Наибольшее тяговое усилие, кН.....250  
 Скорость рабочего хода, м/мин.....15-13  
 Максимальный наружный диаметр обрабатываемой детали, мм.....600  
 Длина протяжки, мм.....400-1715  
 Мощность электродвигателя главного движения, кВт.....37  
 Габаритные размеры, мм.....7275x2200x2260

### Операция 015: Вертикально-протяжная

Приспособление: Шаровая опора

Оборудование: Протяжной вертикальный полуавтомат модели 7784 (код 3817541513)

Наибольшее тяговое усилие, кН.....250  
 Наибольшая длина кода рабочих салазок, мм.....1600  
 Рабочая ширина стола, мм.....560  
 Ход стола.....160  
 Наибольшая скорость рабочего хода, м/мин.....13  
 Скорость обратного хода, м/мин.....14  
 Мощность электродвигателя главного движения, кВт.....37  
 Габаритные размеры, мм.....3765x2990x4415

Таблица режима резания и норм времени

Режущий инструмент	$t$ , мм	$S$ , мм зуб	$V$ , м/мин	$t_{гр}$ , мин	$t_{ост}$ , мин	$T_{штк}$ , мин
Протяжка козлова Р615 $\phi 40H8$						

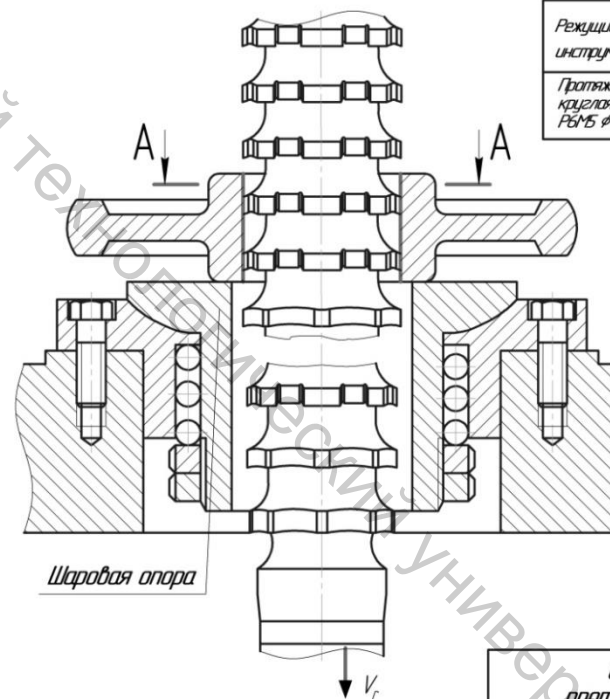
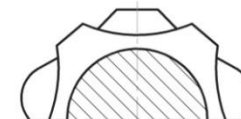


Схема работы протяжки вертикального резания



А-А

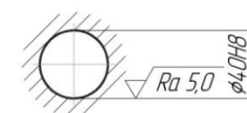


Схема наладок протяжных станков

Лист

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Балабанов, А.Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя / А. Н. Балабанов. – Москва : Машиностроение. – 1982. – 464 с.
2. Вульф, А.М. Резание металлов / А. М. Вульф. – Ленинград : Машиностроение, 1973. – 496 с.
3. Гжиров, Р.И. Программирование обработки на станках с ЧПУ: справочник / Р.И. Гжиров, П. П. Серебrenицкий. – Ленинград : Машиностроение, 1990. – 588 с.
4. Горохов, В.А. Основы технологии машиностроения и формализованный синтез технологических процессов: учебник. В 2-х ч. / В.А. Горохов[и др.]; под ред. В.А. Горохова. – Старый Оскол: ТНТ, 2011.
5. Горохов, В.А. Проектирование технологической оснастки : учебник / В. А. Горохов. – Минск : Бервита, 1987. – 342 с.
6. Гречишников, В.А. Проектирование режущего инструмента: учебное пособие / В.А. Гречишников [и др.] ; под ред. П. И. Ящерицына. – Москва : Корвет, 2005. – 248 с.
7. Ефремов, В.Д. Металлорежущие станки: учебник / В. Д. Ефремов [и др.] ; под ред. П. И. Ящерицына. – Москва : Славянская школа, 2004. – 695 с.
8. Кузнецов, Ю.И. Оснастка для станков с ЧПУ / Ю.И. Кузнецов, А. Р. Маслов, А. Н. Байков. – Москва : Машиностроение, 1990. – 512 с.
9. Панов, А. А. Обработка металлов резанием: справочник / А.А. Панов[и др.]; под ред. А.А. Панова. – Москва : Машиностроение, 1988. – 736 с.
10. Общетехнический справочник / Е.А. Скороходов[и др.]; под ред. Е. А. Скороходова. – Москва : Машиностроение, 1989. – 415 с.
11. Основы базирования: учебное пособие / И.А. Коганов, Д.С. Каплан – Тула: ТулГТУ, 1993. – 128 с.
12. Схиртладзе, А.Г. Технологические наладки изготовления деталей и сборки в машиностроении: учебное пособие / А.Г. Схиртладзе[и др.]. – Москва : МГТУ «СТАНКИН», 2003. – 280 с.
13. Технология машиностроения (специальная часть): учебник / А.А. Гусев [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1986. – 480 с.
14. Федин, Е.И. Проектирование технологических наладок металлорежущих станков на операции механической обработки: учебное пособие / Е. И. Федин [и др.]. – Москва : Славянская школа, 2005. – 116 с.

Учебное издание

Беляков Николай Владимирович

Горохов Вадим Андреевич

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАЛАДОК И ЦИКЛОГРАММ**

Учебное пособие

Редактор *В.И. Ольшанский*

Корректор *Е.М. Богачёва*

Технический редактор *А.А. Угольников*

Компьютерная верстка *Н.В. Беляков*

---

Подписано к печати \_\_\_\_\_. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная № 1.  
Гарнитура «Таймс». Усл. печ. листов \_\_\_\_\_. Уч.-изд. листов \_\_\_\_\_.  
Тираж \_\_\_\_\_ экз. Заказ № \_\_\_\_\_.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет» 210035, г. Витебск, Московский пр., 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования  
«Витебский государственный технологический университет»  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распро-  
странителя печатных изданий №1/172 от 12 февраля 2014 г.