

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»

О. К. Димитрюк, С. О. Димитрюк, С. Г. Танкова

**ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ.
КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Часть 2

Утверждено в качестве учебного пособия
Учёным советом Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего профессионального образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»

Комсомольск-на-Амуре
2012

УДК 621.7(07)

ББК 34.5я7

Д464

Рецензенты:

А. К. Литовченко, канд. техн. наук, доцент, заместитель генерального директора ОАО «Передвижная механизированная колонна-83»;

Н. М. Паладин, канд. техн. наук, начальник патентно-лицензионного отдела ООО «НТЦ Информационные технологии»

Димитрюк, О. К.

Д464 Технология машиностроения. Курсовое проектирование : учеб. пособие. В 3 ч. Ч. 2 / О. К. Димитрюк, С. О. Димитрюк, С. Г. Танкова. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2012. – 126 с. ISBN 978-5-7765-0935-3

Учебное пособие представлено в трёх частях, предназначено для качественного выполнения курсового проекта по дисциплине «Технология машиностроения», курсовой работы по дисциплине «Основы технологии машиностроения», технологического раздела при выполнении дипломного проекта. В пособии рассмотрены вопросы проектирования единичных технологических процессов сборки сборочных единиц и механической обработки наиболее сложных деталей машиностроения в условиях серийного производства. Основное внимание уделено обеспечению качества изготавливаемых изделий. Приведены основные понятия и контрольные вопросы.

Пособие предназначено для студентов машиностроительных специальностей.

УДК 621.7(07)

ББК 34.5я7

ISBN 978-5-7765-0935-3

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет», 2012

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
ВВЕДЕНИЕ	4
1 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ	5
1.1 Классификация технологических процессов	5
1.2 Этапы разработки технологических процессов	7
1.3 Исходные данные и их анализ	8
1.4 Анализ чертежей и уточнение технических требований	10
1.5 Служебное назначение детали	24
1.6 Анализ технологичности конструкции детали	28
1.7 Выбор исходной заготовки	32
1.7.1 Рекомендации и порядок работы	38
1.7.2 Общие рекомендации по выбору исходных заготовок	42
1.7.3 Экономическая целесообразность выбора исходной заготовки	41
2 ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БАЗ	47
2.1 Базирование. Установка	47
2.2 Базы и схемы базирования	49
2.3 Погрешность несовмещения баз (погрешность базирования)	53
2.4 Методика разработки схемы базирования	54
2.5 Анализ схем базирования	59
2.6 Элементы, их параметры и связи	61
3 АНАЛИЗ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ ТОЧНОСТИ	63
3.1 Порядок отбора требований точности	63
3.2 Основные положения методики	66
3.3 Пример разработки системы базирования (для детали типа тела вращения)	68
3.4 Пример разработки системы базирования (для детали типа «корпус»)	73
3.5 Расчёт технологических размеров	85
3.6 Требования точности и их обеспечение	88
3.7 Очередность обработки поверхностей	94
3.8 Маршрут и способы обработки поверхностей	98
3.9 Обоснование выбора технологических баз	107
4 РАЗРАБОТКА МАРШРУТА ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВКИ	110
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	121
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	121

ПРЕДИСЛОВИЕ

Дисциплина «Технология машиностроения» является профилирующей в системе подготовки инженеров-механиков по специальности 151001.65 – Технология машиностроения.

Курсовой проект по технологии машиностроения занимает особое место для получения практических навыков при разработке технологических процессов изготовления деталей и изделий. В данном пособии особое внимание уделено вопросам достижения требуемого качества и точности при разработке технологических процессов. Авторами предлагается направленная последовательность решения вопросов обеспечения точности и качества производимых изделий, исключая многовариантность решений при разработке технологических процессов.

Курсовой проект выполняют в завершающем теоретическое обучение и предшествующем дипломному проектированию семестре. В курсовом проекте должны быть умело использованы и синтезированы знания, полученные в результате изучения общетеоретических, общетехнических и специальных дисциплин учебного плана.

Необходимо воспитывать и готовить инженерно-технические кадры, способные творчески подходить к решению производственных задач. В этих условиях резко возрастает значение таких классических для инженерной высшей школы форм самостоятельной творческой работы, как курсовое и дипломное проектирование.

Настоящее учебное пособие ставит своими основными задачами помочь правильно применить на практике теоретические знания, полученные в процессе обучения в университете, рационально использовать свой практический опыт работы на машиностроительных предприятиях, а также подготовиться к дипломному проектированию.

ВВЕДЕНИЕ

Задачей каждого технологического процесса является изготовление качественных машин, отвечающих служебному назначению и полученных с наименьшими затратами. Для успешного решения задач обеспечения требуемого качества и точности в пособии предложена определённая последовательность разработки единичного технологического процесса механической обработки.

Большое внимание уделено вопросам достижения требуемой точности и качества при разработке единичных технологических процессов механической обработки.

1 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

1.1 Классификация технологических процессов

Производство машин машиностроительным предприятием осуществляется в результате выполнения производственного процесса.

Исходные продукты в виде полуфабрикатов машиностроительный завод обычно получает от других заводов. Полуфабрикатами являются различные материалы и изделия, такие как подшипники, электродвигатели, крепёжные детали и т.п. Производственный процесс изготовления машины охватывает получение заготовок для деталей, различные виды их обработки (механическую, термическую, химическую и др.). Основными частями производственного процесса являются: контроль качества изделий, транспортирование, хранение на складах, сборка, испытание, регулировка, окраска, отделка и упаковка изделий.

Производственный процесс состоит из ряда технологических процессов.

Технологические процессы разрабатывают при проектировании новых и реконструкции существующих заводов, а также при организации производства новых объектов на действующих заводах. При проектировании новых и реконструкции существующих заводов разработанные технологические процессы являются основой всего проекта. Они определяют требуемое оборудование, рабочую силу, производственные площади, технологическую оснастку (приспособления и инструмент), материалы, энергетику, транспортные средства и др.

В соответствии с ГОСТ 14.301-83 технологические процессы подразделяют на единичные и унифицированные процессы, а унифицированные – на типовые и групповые.

Единичные технологические процессы разрабатывают в массовом, крупносерийном и среднесерийном производствах.

Групповой технологический процесс представляет собой процесс обработки заготовок различной конфигурации, состоящий из комплекса групповых технологических операций, выполняемых на специализированных рабочих местах в последовательности технологического маршрута изготовления определённой группы изделий.

Типовые и групповые технологические процессы разрабатывают для всех типов производства только на уровне предприятия.

По степени детализации описание технологических процессов подразделяют на маршрутное, операционное, маршрутно-операционное.

Маршрутное описание технологического процесса заключается в сокращённом описании всех технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения без указания переходов и технологических режимов.

Операционное описание технологического процесса характеризуется полным описанием всех технологических операций в последовательности их выполнения с указанием переходов и технологических режимов.

Маршрутно-операционным описанием технологического процесса называют сокращённое описание технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения с полным описанием отдельных операций в других технологических документах.

Общие правила разработки технологических процессов определены ГОСТ 14.301-83.

Разрабатываемый технологический процесс должен быть прогрессивным и обеспечивать выполнение всех требований чертежа и технических условий, повышение производительности труда и качества изделий, сокращение трудовых и материальных затрат на его реализацию, уменьшение вредных воздействий на окружающую среду.

Технологический процесс должен соответствовать требованиям техники безопасности и промышленной санитарии, изложенным в системе стандартов безопасности труда (ССБТ), инструкциях и других нормативных документах.

Имеющиеся типовые или групповые технологические процессы являются основой для разработки новых технологических процессов, а в случае их отсутствия в качестве такой основы принимают ранее принятые прогрессивные решения в действующих единичных технологических процессах изготовления аналогичных изделий.

Основные термины и понятия

Групповой технологический процесс – это технологический процесс изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками [49].

Единичный технологический процесс – это технологический процесс изготовления или ремонта изделия одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от типа производства [49].

Производственный процесс – совокупность всех действий людей и орудий производства, необходимых на данном предприятии для изготовления или ремонта выпускаемых изделий [49].

Технологический процесс – это часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению состояния предмета труда [49].

Типовой технологический процесс – это технологический процесс изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками [49].

Литература: [6; 12; 16; 17; 20; 34; 37; 39; 49].

Контрольные вопросы

- 1) *Что означает термин «производственный процесс»?*
- 2) *Что означает термин «технологический процесс»?*
- 3) *Как классифицируют технологические процессы?*
- 4) *Что означает термин «единичный технологический процесс»?*
- 5) *Что означает термин «типовой технологический процесс»?*
- 6) *Что означает термин «групповой технологический процесс»?*
- 7) *Назовите степени детализации описания технологических процессов.*
- 8) *Какова характеристика маршрутно-операционного описания технологического процесса?*
- 9) *Какие основные требования предъявляют к разрабатываемому технологическому процессу?*

1.2 Этапы разработки технологических процессов

Цель разработки технологического процесса изготовления детали заключается в нахождении для данных производственных условий оптимального варианта перехода от полуфабриката, поставляемого на машиностроительный завод, к готовой детали. Выбранный вариант должен обеспечивать требуемое качество детали при наименьшей её себестоимости.

Технологический процесс изготовления детали рекомендуется разрабатывать в последовательном выполнении этапов:

- 1) подобрать полную исходную информацию и выполнить анализ этой информации;
- 2) изучить по чертежам и другим документам служебное назначение детали и проанализировать соответствие ему технических требований и норм точности;
- 3) определить тип производства, рассчитать размер операционной партии для условий среднесерийного производства, выявить число деталей, подлежащих изготовлению в единицу времени;
- 4) выполнить анализ сборочного чертежа и чертежа детали; после анализа и исправлений выполнить чертёж детали на ПЭВМ;
- 5) провести тщательный анализ технологичности конструкции детали, определить основные показатели технологичности;
- 6) выбрать полуфабрикат, из которого должна быть изготовлена деталь; обосновать способ получения исходной заготовки экономическими расчётами;
- 7) обосновать выбор технологических баз, разработать схемы базирования заготовок, установить очерёдность и последовательность обработки поверхностей; выполнить чертёж по анализу выбора технологических баз, чертёж по требованиям точности и их обеспечению;
- 8) рассмотреть варианты обработки поверхностей заготовки и установить число переходов по обработке каждой поверхности, исходя из требований к качеству детали; разработать планы обработки поверхностей;

- 9) рассчитать припуски и установить межпереходные, межоперационные размеры, допуски и отклонения всех показателей точности детали; оформить чертёж заготовки и описать способ её изготовления;
- 10) разработать маршрут обработки поверхностей детали;
- 11) выполнить размерный анализ при расчёте технологических размеров, расчёт наладочных размеров;
- 12) выбрать методы и средства технического контроля качества заготовок и деталей;
- 13) разработать и построить схемы операций по маршруту технологического процесса с учётом последовательности выполнения переходов;
- 14) выбрать оборудование для осуществления операций технологического процесса;
- 15) выбрать технологическую оснастку для осуществления операций технологического процесса;
- 16) рассчитать режимы резания, обеспечивающие требуемое качество обработки заготовки и производительность;
- 17) выполнить техническое нормирование всех операций механической обработки заготовки разрабатываемого технологического процесса;
- 18) разработать операционные эскизы на все наиболее важные операции технологического процесса, на которых обеспечивают основные требования точности, заданные чертежом и техническими условиями; некоторые операционные эскизы вынести на лист графической части проекта;
- 19) разработать карты инструментальных наладок и вынести на лист графической части проекта;
- 20) разработать расчётно-технологическую карту (РТК) на одну из операций для станка с ЧПУ;
- 21) оформить технологическую документацию.

Проектирование технологических процессов отличается сложностью и трудоёмкостью. Поэтому вначале делают предварительные намётки технологического процесса; на последующих стадиях их уточняют и конкретизируют. В результате последовательного уточнения предварительных намёток получают законченные разработки технологического процесса. Для сокращения трудоёмкости и длительности технологических разработок сопоставление и выбор варианта целесообразно производить на предварительных и промежуточных стадиях проектирования.

Литература: [4; 6; 9; 12; 13; 20; 24; 25; 34; 37; 42; 63; 65].

1.3 Исходные данные и их анализ

Для того чтобы приступить к разработке технологического процесса, надо иметь исходные данные и тщательно изучить их. Не случайно этот этап работы технолога поставлен на первое место. Он даёт подробную характеристику исходной информации и перечисляет задачи, которые надо решить при анализе.

Виды исходной информации. Разработка технологических процессов сборки и механической обработки требует обширной исходной информации, которую в соответствии с ГОСТ 14.301-83 подразделяют на базовую, руководящую и справочную.

Базовая информация представляет набор данных об изделии, которые содержатся в конструкторской документации (чертежах, спецификациях, технических условиях, ведомостях, инструкциях на проведение испытаний и т.д.). *Базовая информация* включает данные о годовой программе, объёме и сроках выпуска изделия.

Руководящая информация – это требования к технологическим процессам, оборудованию, технологической оснастке, режущему и мерительному инструментам, а также к методам управления этими процессами. *Руководящая информация* содержится в стандартах всех уровней (национальных – ГОСТ, отраслевых – ОСТ, производственных). *Руководящая информация* содержится в классификаторах информации, производственных инструкциях, нормативных материалах, документации по охране труда.

Общие правила разработки технологических процессов определены соответственно в стандартах (ГОСТ 14.301-83, ГОСТ 14.303-73 и ГОСТ 14.316-73), которые устанавливают последовательность этапов разработки и перечень задач, решаемых на каждом из них.

Справочная информация содержится в технологической документации опытного производства, в описаниях прогрессивных методов изготовления и ремонта машин, в различных каталогах, технических паспортах, справочниках, альбомах прогрессивной технологической оснастки, в планировках производственных участков, в методических материалах по управлению технологическими процессами. Обширная *справочная информация* содержится также в учебниках, учебных пособиях, методических указаниях, монографиях и периодических изданиях.

От полноты и качества исходной информации существенно зависит глубина и тщательность проработки технологического процесса.

На первом этапе проектирования следует изучить служебное назначение и условия работы заданной детали в сборочной единице машины, сформулировать основные требования к её изготовлению и эксплуатации, наметить пути их обеспечения технологическими методами.

Для проектирования технологических процессов механической обработки необходимы следующие основные исходные данные [39]:

1) сборочный чертёж с кратким описанием служебного назначения и технических условий приёмки изделия;

2) рабочие чертежи деталей, определяющие материал, конструктивные формы и размеры деталей, точность и качество обрабатываемых поверхностей, технические условия (твёрдость и структура материала, покрытия, термообработка, требования расположения поверхностей, балансировка и т. п.);

3) объём выпуска изделий, в состав которых входят изготавливаемые детали, с учётом поставки запасных частей быстроизнашивающихся деталей.

Кроме базовых исходных данных используют руководящую и справочную технико-экономическую информацию: стандарты ЕСТПП и ЕСТД; типовые технологические процессы и операции, каталоги прогрессивного технологического оборудования и оснастки; материалы по выбору режимов резания, припусков, расчётам точности и надёжности технологических процессов.

Анализ исходных данных обязательно должен включать следующие разделы: изучение и, в случае необходимости, корректировку технических требований к деталям, формулировку технологических задач, анализ технологичности конструкции деталей; обоснование и расчёт выбора технологических баз; обоснование выбора маршрута обработки, технологического оборудования, оснастки; проектирование технологических операций, нормирование и т.п.

При технологическом контроле чертежей проверяют, содержит ли чертёж все сведения о детали: необходимые проекции, разрезы и сечения, размеры с допусками, требования к точности формы и взаимного положения поверхностей, требования к качеству поверхностей.

Литература: [12; 20; 34; 37; 39; 42; 62].

Контрольные вопросы

- 1) Как классифицируют виды исходной информации?
- 2) В каких информационных материалах содержится базовая информация?
- 3) Какие данные содержит базовая информация?
- 4) В каких информационных материалах содержится руководящая информация?
- 5) В каких информационных материалах содержится справочная информация?

1.4 Анализ чертежей и уточнение технических требований

Для того чтобы приступить к разработке технологического процесса, надо иметь сборочный чертёж сборочной единицы, рабочий чертёж корпусной детали, технические условия к ним и тщательно изучить их. Не случайно этот этап работы технолога поставлен на одно из первых мест.

Анализ чертежей надо проводить очень грамотно, стараясь не допускать никаких пропусков. Здесь создают фундамент для всей дальнейшей работы.

Анализ должен сопровождаться технологическим контролем чертежей и технических условий. Это вызвано рядом обстоятельств, в том числе следующими причинами:

- ещё недостаточный технологический контроль качества выпускаемой документации в самих конструкторских отделах и бюро;
- иногда предприятиям приходится изготавливать изделия по чертежам, разработанным для других типов производства (понятие же «технологичность конструкции» тесно связано с объёмом выпуска изделий);
- не всегда конструкторская документация может учесть особенности оборудования конкретного предприятия (изменения же могут значительно облегчить изготовление детали без ущерба для качества продукции);
- ещё не вся конструкторская документация откорректирована в соответствии со стандартами ЕСКД. Поэтому нередко встречаются многократные привязки обрабатываемых поверхностей к необрабатываемым поверхностям. Такое нарушение очень важного требования технологического характера есть, к сожалению, и на новых чертежах.

Конечно, если смотреть формально, технолог не несёт ответственности за качество конструкторской документации. Но он обязан предпринять все зависящие от него меры (именно все!) для того, чтобы облегчить работу на производственных участках, обеспечить наименьшую для конкретных условий себестоимость изготовления продукции. Совершенствование же конструкторской документации – большой резерв и его нельзя не использовать.

Порядок анализа чертежей [62]. Анализ чертежей надо проводить в следующем порядке:

1) Ознакомиться с конструкцией детали, убедиться в том, что на чертеже достаточно проекций, разрезов, сечений.

2) Ознакомиться с техническими условиями. Особое внимание надо обратить на следующие моменты:

- номера стандартов, нормалей, инструкций и т.п., на которые есть ссылки, необходимо предпринять меры для того, чтобы получить эти документы, ведь они дают базовую информацию, без которой технологический процесс разрабатывать нельзя;
- пункты технических условий, которые разрешают несколько иное исполнение, чем показано. Например, такое условие, как: «Допускается изготавливать деталь из полосы путём гибки с последующей сваркой стыка полосы». На чертеже изображена деталь без шва, что можно обеспечить только в случае, если заготовка получена из листа;
- пункты технических условий, не допускающие обработку каких-либо поверхностей в таком виде, как изображено. Они распространены на чертежах изделий единичного и мелкосерийного производства и могут выглядеть так: «размеры в квадратных скобках обеспечить после сварки», «6 отверстий Ø15 обработать совместно с деталью поз. 4» и т.п.;

Заметим, что невнимательная работа технолога по изучению чертежа и технических требований – одна из основных причин плохого качества разработанного технологического процесса, отсюда, как следствие, задержки и даже брак при изготовлении деталей. Особенно большой ущерб бывает в тех случаях, когда технологический процесс выдаётся в цех без предварительного апробирования и отработки.

3) Познакомиться со всеми размерами, имеющимися на чертеже, и взять на особый учёт из них следующие:

- которые **трудно исполнимы**;
- **трудно контролируемы**.

К первым следует отнести размеры, выдерживаемые по одиннадцатому и более точным квалитетам. Значения допусков для квалитетов от 4-го до 14-го приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Значения допусков, мкм

Интервалы размеров, мм	Квалитеты											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
До 3	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	
Св. 3 до 6	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	
« 6 « 10	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	
« 10 « 18	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	
« 18 « 30	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	
« 30 « 50	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	
« 50 « 80	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	
« 80 « 120	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	
« 120 « 180	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	
« 180 « 250	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	
« 250 « 315	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	
« 315 « 400	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	
« 400 « 500	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	

Ко вторым – размеры, которые хотя бы по одному из связанных ими элементов являются мнимыми, а также размеры, к которым затруднён доступ универсальных измерительных инструментов.

Особое внимание должно быть уделено требованиям расположения поверхностей и угловым размерам, которые относятся и к первой группе размеров, и ко второй группе. Значения допусков на угловые размеры приведены в таблице 1.2.

4) Познакомиться с шероховатостью всех поверхностей детали и взять на заметку обрабатываемые по Ra 2,5 и более высоким классам шероховатости.

Таблица 1.2 – Значения допусков угловых размеров

Интервал длин, мм	Обозна- чение допуска	Единицы измерения	Степени точности угловых размеров									
			6	7	8	9	10	11	12	13	14	
До 10	АТ α АTh	° град мкм	1'40" 5	2'30" 8	4' 12,5	6' 20	10' 32	16' 50	26' 80	40' 125	1° 200	
Св. 10 до 16	АТ α АTh	° град мкм	1'20" 4-6,3	2' 6,3-10	3' 10-16	5' 16-25	8' 25-40	12' 40-63	20' 63-100	32' 100-160	50' 160-250	
Св. 16 до 25	АТ α АTh	° град мкм	1' 5-8	1'40" 8-12,5	2'30" 12,5-20	4' 20-32	6' 32-50	10' 50-80	16' 80-125	26' 125-200	40' 200-320	
Св. 25 до 40	АТ α АTh	° град мкм	50" 6,3-10	1'20" 10-16	2' 16-25	3' 25-40	5' 40-63	8' 63-100	12' 100-160	20' 160-250	32' 250-400	
Св. 40 до 63	АТ α АTh	° град мкм	40" 8-12,5	1' 12,5-20	1'40" 20-32	2'30" 32-50	4' 50-80	6' 80-125	10' 125-200	16' 200-320	26' 320-500	
Св. 63 до 100	АТ α АTh	° град мкм, мм	32" 10-16	50" 16-25	1'20" 25-40	2' 40-63	3' 63-100	5' 100-160	8' 160-250	12' 250-400	20' 0,4-0,63	
Св. 100 до 160	АТ α АTh	° град мкм, мм	26" 12,5-20	40" 20-32	1' 32-50	1'40" 50-80	2'30" 80-125	4' 125-200	6' 200-320	10' 320-500	16' 0,5-0,8	
Св. 160 до 250	АТ α АTh	° град мкм, мм	20" 16-25	32" 25-40	50" 40-63	1'20" 63-100	2' 100-160	3' 160-250	5' 250-400	8' 0,4-0,63	12' 0,63-1	
Св. 250 до 400	АТ α АTh	° град мкм, мм	16" 20-32	26" 32-50	40" 50-80	1' 80-125	1'40" 125-200	2'30" 200-320	4' 320-500	6' 0,5-0,8	10' 0,8-1,25	
Св. 400 до 630	АТ α АTh	° град мкм, мм	12" 25-40	20" 40-63	32" 63-100	50" 100-160	1'20" 160-250	2' 250-400	3' 0,4-0,63	5' 0,63-1	8' 1-1,6	
Св. 630 до 1000	АТ α АTh	° град мкм, мм	10" 32-50	16" 50-80	26" 80-125	40" 125-200	1' 200-320	1'40" 320-500	2'30" 0,5-0,8	4' 0,8-1,25	6' 1,25-2	

Таблица 1.3 – Параметр шероховатости поверхности Ra (мкм) в зависимости от качества и уровня точности

Уровни относительной геометрической точности при минимальных размерах, мм				Квалитеты									
До 18	Св. 18 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 500	4	5	6	7	8	9	10	11	12 и 13	14 и 15
C				-	-	-	-	-	0,8	0,8	1,6	-	-
-B	C -	-C		0,1	0,1	0,2	0,4	0,4	1,6	1,6	1,6-3,2	6,3	12,5
A -	B		C	0,2	0,2	0,4	0,8	0,8	3,2	3,2	3,2	6,3	12,5
*		-B		0,2	0,2-0,4	0,4	0,8	0,8-1,6	3,2	3,2	6,3	12,5	12,5-25
	-A		B -	0,4	0,4	0,8	1,6	1,6	3,2-6,3	6,3	6,3-12,5	25	25-50
	*			0,8	0,8	1,6	3,2	3,2	3,2	6,3	6,3	12,5	25
	A -		-A	0,4-0,8	0,8	0,8-1,6	1,6-3,2	3,2	6,3	6,3	12,5	25	50
	* -	* -	-*	0,8-1,6	1,6	1,6-3,2	3,2	3,2	6,3	6,3	12,5	25	50

Примечания: 1. По данным РТМ 2 НЗ1-4-81. 2. В таблице установлены наиболее грубые пределы (наибольшие допускаемые) параметра Ra . Приняты следующие соотношения для уровней относительной точности: $Ra \leq 0,05 IT$ ($Rz \leq 0,2 IT$) – для уровня А (нормальный); $Ra \leq 0,025 IT$ ($Rz \leq 0,1 IT$) – для уровня В (повышенной); $Ra \leq 0,012 IT$ ($Rz \leq 0,05 IT$) – для уровня С (высокой), где IT – допуск соответствующего размера. 3. Для особо высокой относительной геометрической точности (допуски формы составляют менее 25 % допуска размера) $Ra < 0,15 T_F$ ($Rz < 0,6 T_F$), где T_F – допуск формы. 4. При заданных допусках биения T_C (радиального, торцового, в заданном направлении, полного радиального, полного торцового биения) рекомендуется назначать $Ra \leq 0,1 T_C$ ($Rz \leq 0,4 T_C$). 5. Знак * означает, что рассматривается случай, когда допуски формы не указаны на чертеже, т.е. допуски формы ограничиваются полем допуска размера. 6. Знак (-) перед или после обозначения уровня относительной точности означает, что следует назначать величину Ra , указанную в таблице относительно знака (-). Например, по 11-му квалитету для - В и - С принимают $Ra = 3,2$ мкм; для С – принимают $Ra = 1,6$ мкм

5) Проверить соответствие шероховатости поверхностей их точности. Но не наоборот, так как высокая чистота поверхности может сочетаться с большим допуском (например, для улучшения внешнего вида изделия). Каждому же качеству соответствует вполне определённая, максимально допустимая высота микронеровностей.

К сожалению, проставленная на чертежах шероховатость нередко не соответствует качеству. Для того чтобы установить это, пользуются специальными таблицами. Они приведены в технической литературе, например, в [34; 35]. Максимально допустимая шероховатость в зависимости от качества и номинальных размеров приведена в таблице 1.3.

Если несоответствие обнаружено, надо обратиться к конструкторам. В том случае, если высота микронеровностей завышена по сравнению с нормативами, то технолог имеет право самостоятельно повышать требования по сравнению с теми, что указаны в конструкторской документации.

б) Выявить требования к взаимному положению элементов (поверхностей, осей) детали. Это необходимо для того, чтобы на одном из следующих этапов разработки установить основу всего технологического процесса – систему базирования.

Допуски на требования точности геометрической формы и расположения поверхностей приведены в таблицах 1.4 – 1.7.

Для обеспечения точности и шероховатости отдельных поверхностей вполне достаточен соответствующий выбор метода обработки, оборудования, режущего инструмента и режимов резания. Технологические базы для достижения указанных целей не нужны.

Таблица 1.4 – Допуски (мкм) формы цилиндрических поверхностей (цилиндричности, круглости и профиля продольного сечения) в зависимости от качества

Квалитеты размера при уровне относительной геометрической точности			Интервал номинальных размеров, мм								Степень точности по ГОСТ 24643-81
			До 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630	
А	В	С	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2	3	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,6	2	1
	4	5	0,6	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3	2
4	5	6	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	3
5	6	7	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8	4
6	7	8	2,5	3	4	5	6	8	10	12	5
7	8	9	4	5	6	8	10	12	16	20	6

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	9	10	6	8	10	12	16	20	25	30	7
9	10	11	10	12	16	20	25	30	40	50	8
10	11	12	16	20	25	30	40	50	60	80	9
11	12		25	30	40	50	60	80	100	120	10
12			40	50	60	80	100	120	160	200	11

Примечания

1 Под номинальным размером понимают номинальный диаметр поверхности. 2 Допуски цилиндричности, круглости и профиля продольного сечения (сокращённо «допуски геометрии»), соответствующие уровням: А – нормальной, В – повышенной, С – высокой относительной геометрической точности, составляют примерно 30, 20 и 12 % допуска размера. Допуски формы ограничивают отклонения радиуса, а допуски размера – отклонения диаметра поверхности. 3 Допуски геометрии, для которых используется менее 12 % допуска размера, характеризуют особо высокую геометрическую точность поверхности. 4 Допуски геометрии назначают в тех случаях, когда они должны быть меньше допуска размера. Исключение составляют случаи, когда истолкование предельных размеров отличается от установленного размера по ГОСТ 25346-89, например, для поверхностей несопрягаемых или легко деформируемых элементов. В этих случаях числовое значение допуска геометрии может превышать допуск размера

Таблица 1.5 – Допуски (мкм) прямолинейности, плоскостности и параллельности плоскостей в зависимости от качества (по РТМ 2 Н31-4-81)

Квалитеты размера при уровне относительной геометрической точности			Интервал номинальных размеров, мм								
			До 3	Св. 3 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630
А	В	С									
		4	0,8	1	1,2	1,6	1,6	2-2,5	3	4	5
		5	1	1,6	2	2	2,5	3-4	5	6	8
	4		1,2	1,6	2	2,5	2,5	3-4	5	6	8
			2	2,5	3	4	4	6	8	10	12
4	5	6	1,6	2-2,5	2,5-3	3	4	5-6	6-8	8-10	10-12
5	6	7	2,5	3-4	4-5	5	6	8-10	10-12	12-16	16-20
6	7	8	4	5	6	8	10	12	16	20	25
7	8	9	6	8	10	12	16	20	25	30	40
8	9	10	10	12	16	20	25	30	40	50	60
9	10	11	16	20	25	30	40	50	60	80	100
10	11	12	25	30	40	50	60	80	100	120	160
11	12		40	50	60	80	100	120	160	200	250
12			60	80	100	120	160	200	250	300	400

Примечание – Под номинальным размером понимают размер наибольшей стороны плоской поверхности

7) Изучить жёсткость детали и выявить те элементы, которые при закреплении или при обработке заготовки могут недопустимо деформироваться.

8) Выявить потребность в термической обработке и выяснить технические условия на неё, достигаемые ею механические качества, необходимость пробных образцов для испытаний (иногда их отрезку приходится производить в механическом цехе).

Таблица 1.6 – Допуски параллельности, перпендикулярности, наклона, торцового биения, плоскостности и прямолинейности

Отклонения		Интервалы размеров, мм							
параллельности, перпендикуляр- ности, наклона, торцового биения	плоскостности и прямо- линейности	До 10	Св. 10 до 16	Св. 16 до 25	Св. 25 до 40	Св. 40 до 63	Св. 63 до 100	Св. 100 до 160	Св. 160 до 250
Степень точности		Допуски, мкм							
-	1	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,2
1	2	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,6	2
2	3	0,6	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3
3	4	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5
4	5	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8
5	6	2,5	3	4	5	6	8	10	12
6	7	4	5	6	8	10	12	16	20
7	8	6	8	10	12	16	20	25	30
8	9	10	12	16	20	25	30	40	50
9	10	16	20	25	30	40	50	60	80
10	11	25	30	40	50	60	80	100	120
11	12	40	50	60	80	100	120	160	200
12	-	60	80	100	120	160	200	250	300
		Допуски, мм							
-	13	0,06	0,08	0,1	0,12	0,16	0,2	0,25	0,3
13	14	0,1	0,12	0,16	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5
14	15	0,16	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
15	16	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,2
16	-	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,6	2

9) Заполнить таблицу 1.8 анализа чертежа.

10) Выявить необычные операции. О них почти всегда говорится в технических условиях. Это, например, гидравлические испытания, испытания на керосин, воздухом или газом, пропаривание, балансировка, подгонка массы, покрытия и т.д.

Таблица 1.7 – Допуски соосности, симметричности и пересечения осей в диаметральном выражении, допуски радиального биения и полного радиального биения, допуски соосности, симметричности и пересечения осей в радиусном выражении, допуски цилиндричности, круглости и профиля продольного сечения

Отклонения			Степени точности									
соосности, симметричности и пересечения осей в диаметральном выражении, радиального биения, и полного радиального биения	соосности, симметричности и пересечения осей в радиусном выражении	цилиндричности, круглости, профиля продольного сечения	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
			Допуски									
Размеры, мм			мкм								мм	
До 3 Св. 3 до 10	До 3	До 3 Св. 3 до10	3	5	8	12	20	30	50	0,08	0,12	0,2
			4	6	10	16	25	40	60	0,1	0,16	0,25
	Св. 3 до 10 « 10 « 18	« 18 « 30	5	8	12	20	30	50	80	0,12	0,2	0,3
			6	10	16	25	40	60	100	0,16	0,25	0,4
	« 18 « 30 « 30 « 50	« 30 « 50 « 50 « 120	8	12	20	30	50	80	120	0,2	0,3	0,5
			10	16	25	40	60	100	160	0,25	0,4	0,6
	« 50 « 120 « 120 « 250	« 120 « 250 « 250 « 400	12	20	30	50	80	120	200	0,3	0,5	0,8
			16	25	40	60	100	160	250	0,4	0,6	1
	« 250 « 400 « 400 « 630	« 400 « 630 « 630 « 999	20	30	50	80	120	200	300	0,5	0,8	1,2
			25	40	60	100	160	250	400	0,6	1	1,6
« 120 « 250	« 630 « 1000		30	50	80	120	200	300	500	0,8	1,2	2

Таблица 1.8 – Анализ чертежа

Вид размера	Размер по чертежу	Допуск размера, Т				Допуск расположения, мм	Допуск формы, мм	Верхнее отклонение, мм	Нижнее отклонение, мм	Полная запись размера	Трудно исполнимые размеры	Трудно контроли- руемые размеры	Смешанная связь	Шероховатость, Ra	Соответствие точности	Примечание
		по чертежу, мм	по стандарту		Соответствие											
			мм	мкм												
Охваты- вающие	Ø72H7	0,03	0,03	30	+	-	0,01	+0,03	0	Ø72H7 (+ 0,03)	+	+	-	1,6	+	
	Паз45H11	0,16	0,16	160	+	0,1	0,06	+0,16	0	45H11 (+0,16)	+	-	-	25	-	
Охваты- ваемые	Ø72f7	0,03	0,03	30	+	-	0,01	-0,03	-0,06	Ø 72f7 ^{0,03} _{0,06}	+	+	-	1,6	+	
	30 _{-0,62}	0,62	0,62	620	+	0,3	0,2	0	-0,62	30h14 (-0,62)	-	-	+	2,5	-	
Остальные (прочие)	60±0,023	0,046	0,046	46	+	0,025	0,016	+0,023	-0,023	60Js8 (±0,023)	+	+	-	3,2	+	
Угловые	60°±1°	2°	40'		-			+20'	-20'	60°±20'	+	+	-			

Пусть некоторые из этих операций не будут выполняться в механическом цехе. Но технолог должен о них знать для того, чтобы в разрабатываемой им документации сделать соответствующие записи.

11) Выявить особые требования техники безопасности (к ним относятся те, которых нет в общих правилах при металлообработке).

Вот некоторые примеры:

- различные испытания (гидравлические, паром, газами, на бросок и т.п.);
- деталь из свинца – возможны отравления;
- деталь из магниевового сплава – велика пожароопасность;
- необходимость работать с жидкими газами (посадка холодом);
- необходимость работать с нагревом (при испытании, для осуществления неподвижной посадки);
- потребность в применении горючих или ядовитых веществ и т.д.

Технолог должен постоянно помнить о том, что одна из важнейших задач технологического процесса – выпуск продукции с соблюдением правил техники безопасности и промышленной санитарии. Процесс, не удовлетворяющий этим требованиям, не подлежит запуску в производство.

При анализе чертежей необходимо знать следующие **основные термины и понятия**:

Точность детали – это степень её приближения к геометрически правильному её прототипу.

Показатели точности детали: 1) точность размеров; 2) точность положения (поворота, расположения) поверхностей; 3) точность геометрических форм поверхностей деталей.

Допуск – это разность между наибольшим и наименьшим предельными значениями параметра.

Точность геометрических форм поверхностей определяют тремя видами отклонений: 1) *макрогеометрическими отклонениями* в пределах габаритных размеров поверхностей; 2) *волнистостью* – отклонениями на участках протяжённостью от 1 до 10 мм; 3) *микрогеометрическими отклонениями (микронеровности), шероховатостью* – отклонениями реальной поверхности в пределах участка в 1 мм².

Посадка – характер соединения поверхностей деталей, определяемый зазорами или натягами.

Группы посадок: посадки с зазором, натягом и переходные.

Номинальный размер – округлённый размер и общий для сопрягаемых поверхностей (этот размер служит началом отсчёта отклонений).

Предельные размеры – два предельных размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер.

Наибольший предельный размер – размер, больший из двух предельных.

Наименьший предельный размер – размер, меньший из двух предельных.

Верхнее предельное отклонение ES, es – алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами.

Нижнее предельное отклонение EI, ei – алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами.

Поле допуска – зона между наибольшим и наименьшим предельными размерами.

Нулевая линия – линия, отображающая верхнюю сторону номинального размера.

Система отверстия – совокупность посадок, в которых основные отверстия одинаковы, а различные посадки достигаются изменением размеров (отклонений) валов.

Система вала – совокупность посадок, в которых основные валы одинаковы, а различные посадки достигаются изменением размеров (отклонений) отверстий.

Основное отверстие – отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю ($EI = 0$).

Основной вал – вал, верхнее отклонение которого равно нулю ($es = 0$).

Производственный допуск ($T_{пр}$) – разность между допуском на изготовление (T) и допуском измерения ($T_{изм}$), $T_{пр} = T - T_{изм}$.

Технологический допуск (T_t) – допуск, обеспечиваемый технологическим процессом.

Технологический запас точности – часть допуска, оставленного на износ деталей в процессе эксплуатации.

Технологический коэффициент запаса точности ($K_{т.т}$) – отношение допуска изготовления к технологическому допуску, $K_{т.т} = T/T_t$.

Виды размеров: линейные и угловые. Линейные размеры подразделяют на охватываемые, охватывающие и остальные (прочие).

Порядок измерения показателей точности следующий: 1) шероховатость; 2) точность геометрической формы; 3) точность положения поверхностей; 4) точность размеров.

Нормативные уровни для оценки показателей точности: точность размеров нормируют квалитетами, точность положения поверхностей нормируют степенями точности, точность геометрических форм поверхностей нормируют степенями точности, шероховатость нормируют классами шероховатости.

Расположение полей допусков для охватываемых, охватывающих и остальных размеров: для охватываемых размеров поле допуска располагают как на основной вал, от нулевой линии вниз (верхнее отклонение равно нулю); для охватывающих размеров – как на основное отвер-

стие, от нулевой линии вверх (нижнее отклонение равно нулю); для остальных – симметричное расположение поля допуска, в плюс и в минус от нулевой линии.

Сколько смешанных связей должно быть на чертеже? Нельзя на чертежах задавать несколько размеров, связывающих необрабатываемые поверхности относительно обрабатываемых в одном координатном направлении, так как в этом случае будет брак (ГОСТ 2.307-68). На чертеже должно быть не более трёх смешанных связей, то есть по одной связи в каждом координатном направлении.

Связи между поверхностями – различают три вида связей (размеров) между поверхностями: размеры между поверхностями, не подлежащими обработке; размеры между поверхностями, подлежащими обработке; смешанные связи (размеры между необрабатываемыми поверхностями и обрабатываемыми).

Квалитет – уровень точности.

Анализ исходных данных и чертежей – только начало работы над технологическим процессом. Однако здесь надо тщательно изучить чертежи, чётко представить конструкцию детали, всех её поверхностей, оценить точность размеров и особо – точность положения одних поверхностей относительно других, выявить точные размеры и все технические требования. Если обнаружены ошибки, то дать предложения по их устранению. Анализ чертежей необходимо сопровождать пояснениями, расчётами, конкретными предложениями и выводами.

В таблицу 1.8 анализа чертежа необходимо вносить все наиболее важные и точные показатели, характеризующие конструкцию детали в соответствии с её служебным назначением. В качестве примера в таблицу внесены данные по анализу охватывающих, охватываемых, остальных и угловых размеров.

Если на чертеже имеется большое количество размеров, то в таблицу можно внести по десять размеров каждого вида.

Литература: [4; 6; 9; 13; 16; 24; 25; 30; 34; 37; 39; 42; 43; 62].

Контрольные вопросы

- 1) *Что означает термин «точность детали»?*
- 2) *Назовите показатели точности детали.*
- 3) *Что означает термин «допуск»?*
- 4) *Что означает термин «посадка»?*
- 5) *Какие группы посадок вы знаете?*
- 6) *Что означает термин «номинальный размер»?*
- 7) *Что означает термин «предельные размеры»?*
- 8) *Что означает термин «наибольший предельный размер»?*

- 9) Что означает термин «наименьший предельный размер»?
- 10) Что означает термин «верхнее предельное отклонение»?
- 11) Что означает термин «нижнее предельное отклонение»?
- 12) Что означает термин «поле допуска»?
- 13) Что означает термин «нулевая линия»?
- 14) Что означает термин «система отверстия»?
- 15) Что означает термин «система вала»?
- 16) Что означает термин «основное отверстие»?
- 17) Что означает термин «основной вал»?
- 18) Что означает термин «производственный допуск»?
- 19) Что означает термин «технологический допуск»?
- 20) Что означает термин «технологический запас точности»?
- 21) Что означает термин «технологический коэффициент запаса точности»?
- 22) Назовите виды размеров.
- 23) Назовите порядок измерения показателей точности.
- 24) Назовите нормативные уровни для оценки показателей точности.
- 25) Как расположены поля допусков для охватываемых, охватывающих и остальных размеров?
- 26) Что означает термин «кавалитет»?
- 27) Какие связи-размеры между поверхностями вы знаете?
- 28) Сколько смешанных связей должно быть на чертеже?
- 29) Что означает термин «трудно исполнимые размеры»?
- 30) Что означает термин «трудно контролируемые размеры»?
- 31) Изобразите знаки шероховатости, назовите их применение.
- 32) Как определяют допуски на чертежах?
- 33) Переведите допуски из миллиметров в микрометры и наоборот.
- 34) Простановка размеров и отклонений на чертежах. Определите правильность записей:

$$163_{-0,71}^{-0,31}; 163_{-0,710}^{-0,310}; 150_{+0,050}; 150_{+0,05}; 150_{-0,05}; 150^{+0,05};$$

$$100_{-0,05}^{+0,008}; 120_{-0,030}^{+0,012}; 120_{+0,125}^{-0,100}; 120 \pm 0,035.$$
- 35) В каких единицах указывают на чертежах предельные отклонения линейных размеров?
- 36) Могут ли оба предельных отклонения на линейный размер быть со знаками минус?
- 37) В каком месте у размера записывают нижнее предельное отклонение?
- 38) В каком месте у размера указывают нулевое предельное отклонение?

- 39) *Может ли предельное отклонение быть равным нулю?*
- 40) *Должен ли номинальный размер лежать в пределах допуска на размер?*
- 41) *Как условно обозначают или задают точность расположения поверхностей на чертежах?*
- 42) *Могут ли отклонения геометрической формы поверхностей превзойти по величине допуск на размер?*

1.5 Служебное назначение детали

Цель: разработать служебное назначение детали с количественными оценками, определяющими точность и технические требования.

Разработка технологического процесса изготовления любой детали должна начинаться с глубокого изучения её служебного назначения и критического анализа технических требований и норм точности, заданных чертежом.

Служебное назначение детали может быть выявлено в результате изучения чертежей сборочной единицы (узла), в состав которого входит деталь. Выясняя назначение детали и её роль в работе сборочной единицы, необходимо разобраться в функциях, выполняемых её поверхностями.

По назначению все поверхности любых деталей подразделяют на *исполнительные, основные, вспомогательные, крепёжные и свободные*.

Анализ соответствия технических условий и норм точности служебному назначению детали следует вести в двух направлениях. Прежде всего, должна быть сделана оценка технических требований и норм точности с качественной стороны. Эта оценка касается правильности формулировок технических требований, правильности размерных связей, установленных между поверхностями детали, наличия необходимых размеров, допусков, достаточности технических требований и норм точности.

Проводя качественный анализ, в первую очередь необходимо обратить внимание на правильность задания относительного положения поверхностей.

Анализируя правильность простановки размеров в чертеже детали, следует руководствоваться положением о том, что на чертеже должны быть проставлены те размеры, которыми деталь непосредственно участвует в работе сборочной единицы или машины. Для нахождения этих размеров надо выявить задачи, в решении которых деталь участвует своими размерами, вскрыть конструкторские размерные цепи, с помощью которых эти задачи решаются. В каждой конструкторской размерной цепи сборочной единицы один из размеров детали будет являться составляющим звеном. Анализ, проведённый предлагаемым способом, выявляет и недостающие размеры в чертежах деталей.

При анализе технических требований и норм точности с качественной стороны нельзя выпускать из виду правильность формулировок технических требований, формы задания норм точности, их достаточность. Нельзя, например, задавать в миллиметрах допуск, ограничивающий относительный поворот поверхностей детали, без указания длины, на которой допускается указанное отклонение.

Анализ технических требований и норм точности к служебному назначению детали с количественной стороны должен подтвердить или отвергнуть правильность значений установленных норм и выявить их требуемые значения.

При разработке служебного назначения детали необходимо:

1) Тщательно изучить конструкцию сборочной единицы (узла) и детали, устройство сборочной единицы, принцип взаимодействия деталей, назначение всех поверхностей рассматриваемой детали.

2) После качественного и количественного анализов и обоснования скорректировать технические требования на деталь по всем показателям служебного назначения сборочной единицы и детали.

3) Провести классификацию поверхностей детали. Для этого поверхности детали обозначают индексами из букв и цифр, которые устанавливают функциональное назначение поверхности и её номер. Буквы, входящие в индекс, обозначают поверхности: исполнительные – **И**, основные – **О** (основные базы), вспомогательные – **В** (вспомогательные базы), крепёжные и резьбовые отверстия – **К**, свободные поверхности детали, включая и необрабатываемые – **С**. Цифры обозначают последовательность их нумерации.

4) Выполнить эскиз своей детали, например рисунок 1.1, и обозначить все поверхности индексами в соответствии со служебным назначением каждой поверхности данной детали.

5) Рассчитать показатели точности детали, исходя из требований служебного назначения сборочной единицы.

6) Установить точность размеров и точность положения поверхностей (технических требований) рассматриваемой детали.

7) Составить формулировку служебного назначения детали.

Пример формулировки служебного назначения

Корпус механизма перемещения пиноли задней бабки токарного станка с ЧПУ (рисунок 1.1) предназначен для размещения и ориентации по отверстиям **ВЗ** вала, на котором установлена комбинированная деталь – коническое зубчатое колесо и червяк. Червяк передаёт при вращении движение на рейку и пиноль задней бабки. Усилие перемещения пиноли задней бабки не менее 20 кН. В корпусе отверстие **В1** предназначено для размещения и ориентации зубчатой конической шестерни, передающей

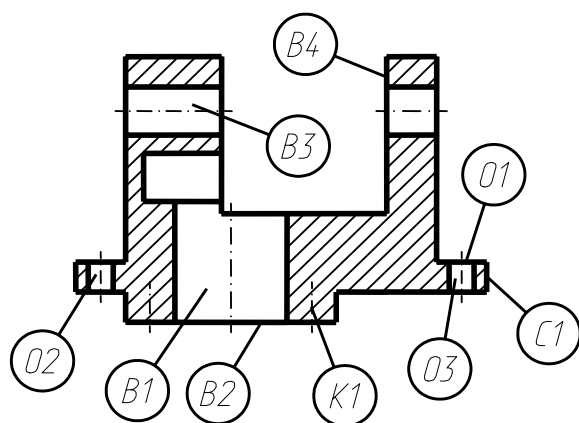


Рисунок 1.1

вращение на комбинированную деталь колесо-червяк. Для обеспечения нормальной работы зубчатой передачи деталь вал-шестерня смонтирована в стакане. Данная конструкция обеспечивает требуемую точность сборки механизма (требуемую величину гарантированного бокового зазора в зацеплении шестерни и колеса-червяка $\delta = 0,12^{+0,08}$) методом регулировки.

Требования точности угловых положений делительных конусов конической шестерни и зубчатого колеса-червяка необходимо обеспечить только методом полной взаимозаменяемости.

Учитывая большие нагрузки и нормальную работу конической зубчатой и червячной передач, вытекающие из служебного назначения механизма, к корпусу механизма перемещения пиноли задней бабки, должны быть заданы следующие требования точности:

Учитывая большие нагрузки и нормальную работу конической зубчатой и червячной передач, вытекающие из служебного назначения механизма, к корпусу механизма перемещения пиноли задней бабки, должны быть заданы следующие требования точности:

1) точность геометрической формы плоских базовых основных поверхностей **O1** – отклонение от плоскостности не более $0,05$ мм в пределах габаритных размеров этих поверхностей;

2) отклонение от параллельности оси отверстий **B3** (вспомогательная база детали) относительно поверхностей **O1** (основная база детали) $0,04/100$;

3) размер (расстояние) от оси отверстий **B3** до поверхностей **O1** по восьмой степени точности;

4) отклонение от перпендикулярности оси отверстий **B3** относительно оси отверстия **B1** (вспомогательная база детали) не более $0,04/100$;

5) размер от оси отверстия **B1** до поверхности **B4** $78 \pm 0,04$;

6) точность диаметральных размеров отверстий **B1** и **B3** по седьмому качеству;

7) параметры шероховатости плоских базовых поверхностей $Ra\ 2,5$; поверхностей отверстий **B1** и **B3** $Ra\ 0,63$.

Перечисленные требования и размеры проставляют на чертеже рассматриваемой детали следующим образом (рисунок 1.2).

Основные термины и понятия

Служебное назначение машины (детали) – максимально уточнённая и чётко сформулированная задача, для решения которой предназначена машина (деталь).

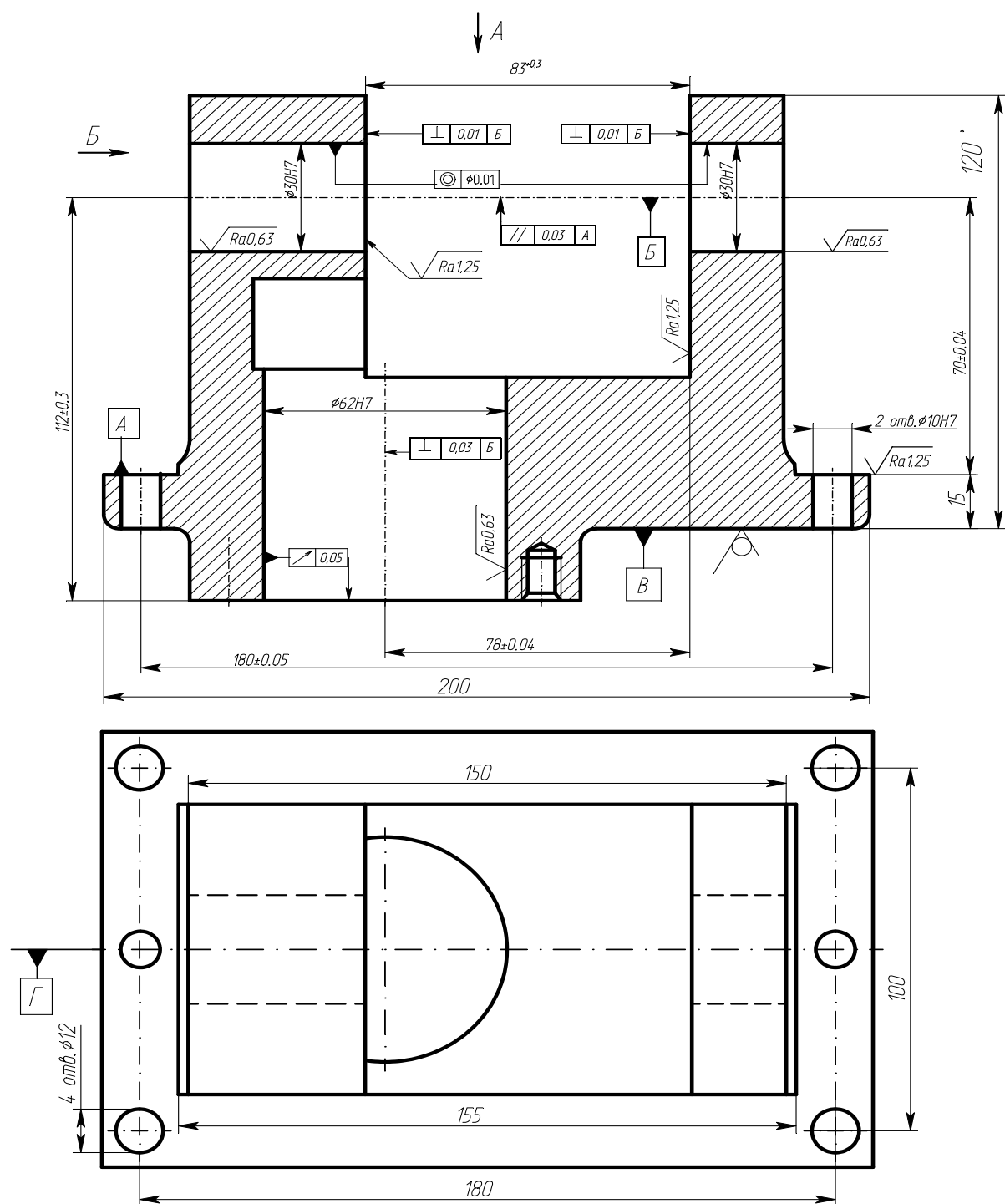


Рисунок 1.2

Основная поверхность (база) – поверхность, используемая для определения положения данной детали в изделии [55].

Вспомогательная поверхность (база) – поверхность, используемая для определения положения других деталей относительно данной детали.

Исполнительные поверхности – поверхности, с помощью которых деталь (машина) выполняет своё служебное назначение.

Крепёжные поверхности – поверхности, используемые для размещения крепёжных деталей.

Свободные поверхности – поверхности, служащие для соединения различных поверхностей детали в единую конструкцию в соответствии со служебным назначением.

Литература: [13; 24; 27; 37; 41; 42; 55].

Контрольные вопросы

- 1) Какова цель темы «Служебное назначение детали»?
- 2) Как классифицируют поверхности деталей по служебному назначению?
- 3) Что означает термин «служебное назначение машины (детали)»?
- 4) Что означает термин «основная поверхность (база)»?
- 5) Что означает термин «вспомогательная поверхность (база)»?
- 6) Что означает термин «исполнительные поверхности»?
- 7) Что означает термин «крепёжные поверхности»?
- 8) Что означает термин «свободные поверхности»?
- 9) Сколько основных поверхностей может быть у детали?

1.6 Анализ технологичности конструкции детали

Технологичность конструкции детали имеет прямую связь с производительностью труда, затратами времени на технологическую подготовку производства, изготовление, техническое обслуживание и ремонт изделия. Поэтому проектированию технологического процесса изготовления детали должен предшествовать анализ технологичности её конструкции и, в необходимых случаях, отработка на технологичность.

Технологичность конструкции детали оценивают на двух уровнях – качественном и количественном. Качественная оценка предшествует количественной и сводится к определению соответствия конструкции детали следующим требованиям:

- конструкция должна быть стандартной или состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов;
- для изготовления детали должны использоваться стандартные или унифицированные заготовки;
- точность размеров и шероховатость поверхностей детали должны быть оптимальными, обоснованными конструктивно и экономически;
- при определении жёсткости, формы и размеров, а также механических и физико-химических свойств её материала следует учитывать возможности технологии изготовления, условий хранения и транспортирования;
- точность и шероховатость поверхностей должны обеспечивать требуемую точность установки, обработки и контроля;

- заготовку необходимо получать рациональным способом (с учётом объёма выпуска и типа производства);
- должны обеспечиваться доступ к обрабатываемым поверхностям и возможность одновременной обработки нескольких заготовок;
- сопряжения поверхностей деталей различных квалитетов и шероховатости должны соответствовать методам и средствам обработки;
- конструкция детали должна обеспечивать возможность использования групповых, типовых и стандартных технологических процессов.

Анализ технологичности конструкции детали рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

1) На основании анализа исходной информации (сборочный чертёж сборочной единицы, чертёж детали, программа и годовой объём выпуска, тип производства, служебное назначение сборочной единицы и детали) выносят заключение о целесообразности принципиального изменения метода получения исходной заготовки. При этом в ряде случаев приходится менять материал заготовки.

В тех случаях, когда качественное сравнение принципиально различных методов получения заготовок не позволяет сделать определённый выбор, производят количественную технико-экономическую оценку двух-трёх предпочтительных вариантов методов получения заготовок и принимают решение о выборе исходной заготовки (см. подраздел 1.7).

Если метод получения исходной заготовки был изменён принципиально, то приводят эскизные рисунки базовой и предложенной исходной заготовок с указанием их основных размеров.

2) Выполняют анализ технологичности конструктивных элементов детали, учитывая рекомендации [25; 38]. Выявляют труднодоступные для обработки места и при необходимости вносят изменения в конструкцию (производят отработку на технологичность).

3) Определяют возможность совмещения технологических и конструкторских (измерительных) баз при обеспечении размеров требуемой точности, а также возможность прямого контроля таких размеров.

4) Анализируют конструкцию детали (исходной заготовки) для возможности одновременной обработки нескольких заготовок на одном станке, многоинструментным, многосторонним и другими прогрессивными методами обработки. Анализируют соответствие заданных допусков и технических требований служебному назначению детали и технологическим возможностям оборудования.

5) Определяют поверхности, которые будут использованы в качестве технологических баз, и проверяют их соответствие требованиям, предъявляемым к технологическим базам заготовки. Выполняют эскизы, изображающие детали или отдельные её элементы до отработки конструкции на технологичность и после. На эскизах изображены нетехнологичные эле-

менты конструкции (рисунки 1.3, а и 1.3, в), а технологичные элементы показаны на эскизах (рисунки 1.3, б и 1.3, г).

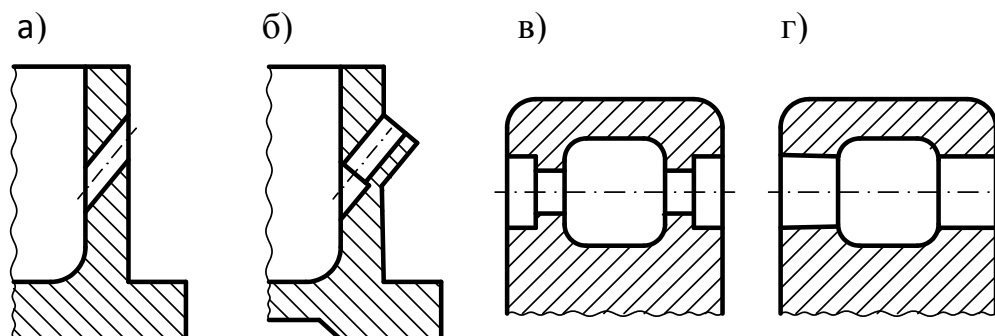


Рисунок 1.3

В качестве примера можно сформулировать рекомендации по обеспечению технологичности корпусных деталей.

Обработка заготовок корпусных деталей сводится главным образом к обработке плоских поверхностей и отверстий. Конструктивная форма корпусной детали, обеспечивающая минимальную трудоёмкость обработки, должна отвечать следующим основным условиям:

а) форма корпусной детали должна быть как можно ближе к правильной геометрической форме. Например, поперечному сечению корпусной детали целесообразно придавать форму правильного четырёхугольника (вместо неправильного четырёхугольника, трапеции или какой-либо сложной формы);

б) конструкция корпусной детали должна позволять обработку без спаривания с сопрягаемой деталью;

в) следует предусмотреть, по возможности, механическую обработку комплекта технологических баз в одной операции (например, плоскости и двух отверстий);

г) конструкция детали должна обеспечивать возможность обработки поверхностей и торцов отверстий напроход. Торцам отверстий следует придавать форму, удобную для обработки торцевой фрезой или цековкой;

д) деталь не должна иметь поверхностей, перпендикулярных осям отверстий на входе и выходе сверла (см. рисунок 1.3, а), с целью устранения увода сверла или его поломки;

е) диаметр обрабатываемых отверстий во внутренних стенках должен быть равен или меньше диаметра соосных им отверстий в наружных стенках детали;

ж) необходимо избегать многообразия размеров отверстий, резьб и допусков;

з) конструкция детали не должна препятствовать пригонке поверхностей.

- 6) Выявить все обрабатываемые поверхности детали.
- 7) Рассмотреть различные методы механической обработки каждой поверхности, оценить удобство и простоту обработки.
- 8) Выявить смешанные связи. Если их больше одной в одном координатном направлении, то исключить лишние переводом в другие виды связей. Особое внимание обратить на скрытые связи, которые заданы осями симметрии. Рассчитать размеры при переводе из смешанных связей на другие размеры.
- 9) Определить возможные на данном моменте показатели технологичности конструкции для рассматриваемой детали.
- 10) Сделать выводы и предложения. При расчёте показателей технологичности конструкции исходные данные и результаты лучше представлять в виде таблиц. На данном этапе нужно рассчитать такие показатели технологичности: коэффициент унификации, коэффициент использования материала, коэффициент точности и коэффициент шероховатости.

Основные термины и понятия

Технологичность – обеспечение требуемых показателей качества и наименьших затрат при производстве, эксплуатации и ремонте.

Связи между поверхностями – размеры между поверхностями, не подлежащими обработке; размеры между поверхностями, подлежащими обработке; смешанные связи (размеры между необрабатываемыми и обрабатываемыми поверхностями).

Действительный размер – размер, которым обладает изделие.

Измеренный размер – размер, полученный в процессе измерения.

Расчётный размер – конструкторский размер, который необходимо обеспечить.

Основные показатели технологичности: уровень технологичности конструкции по трудоёмкости, уровень технологичности конструкции по себестоимости, коэффициент унификации, коэффициент использования материала, коэффициент точности, коэффициент шероховатости.

Уровень технологичности конструкции по трудоёмкости – есть отношение трудоёмкости изготовления по проектируемой технологии к трудоёмкости по базовой технологии $K_{y.m} = T_{пр} / T_б$.

Уровень технологичности конструкции по себестоимости – есть отношение себестоимости изготовления по проектируемой технологии к себестоимости по базовой технологии $K_{y.c} = C_{пр} / C_б$.

Коэффициент унификации – есть отношение количества унифицированных элементов (поверхностей) к количеству всех элементов (обрабатываемых поверхностей детали) $K_{y.э} = Q_{y.э} / Q_э$.

Унифицированная поверхность (элемент) – поверхность, обработанная мерным режущим инструментом. Например, сверло не требует настройки на диаметр отверстия, получаемого при сверлении. К унифицированным элементам относят и поверхности заготовок, которые не подвергают

механической обработке, а оставляют в состоянии поставки исходных заготовок.

Коэффициент использования материала (КИМ) – есть отношение массы (объёма) детали m_d к массе (объёму) заготовки m_z $K_{и.м} = m_d / m_z$

Коэффициент точности определяют по формуле $K_T = 1 - 1 / A_{cp}$, где A_{cp} – средний квалитет, определяемый как отношение суммы произведений всех размеров на квалитет к сумме всех размеров, то есть

$$A_{cp} = \sum A_i \cdot n_i / \sum n_j.$$

Коэффициент шероховатости определяют аналогично коэффициенту точности по формуле $K_{ш} = 1 - 1 / B_{cp}$, где B_{cp} – средняя шероховатость (предпочтительно Ra).

Плотность – масса единичного объёма вещества.

Масса тела – произведение плотности вещества на его объём.

Литература: [4; 6; 9; 10; 12; 13; 17; 20; 22; 24; 25; 26; 29; 34; 37; 38; 42; 54].

Контрольные вопросы

- 1) Что означает термин «технологичность»?
- 2) Какие различают связи между поверхностями?
- 3) Что означает термин «действительный размер»?
- 4) Что означает термин «измеренный размер»?
- 5) Что означает термин «расчётный размер»?
- 6) Какие основные показатели технологичности?
- 7) Что означает термин «уровень технологичности конструкции по трудоёмкости»?
- 8) Что означает термин «уровень технологичности конструкции по себестоимости»?
- 9) Что означает термин «коэффициент унификации»?
- 10) Что означает термин «коэффициент использования материала»?
- 11) По какой зависимости определяют коэффициент точности?
- 12) По какой зависимости определяют коэффициент шероховатости?
- 13) Что означает термин «унифицированная поверхность»?
- 14) Что означает термин «плотность»?
- 15) Что означает термин «масса тела»?
- 16) Какие поверхности детали относят к унифицированным элементам?

1.7 Выбор исходной заготовки

Цель и задачи. Метод получения заготовок в значительной мере определяется размерами программного задания и техническими возможностями заготовительных цехов предприятия или возможностями получения

прогрессивных заготовок от специализированных предприятий, материалом детали, её назначением и техническими требованиями на изготовление, формой поверхностей и размерами.

При выборе исходной заготовки решаются следующие задачи:

- определение вида исходной заготовки;
- выбор метода изготовления исходной заготовки;
- технико-экономическая оценка выбора исходной заготовки.

На данном этапе эти задачи решают окончательно для условий единичного и мелкосерийного производств. Для условий крупносерийного и массового производств первоначальное решение необходимо скорректировать после разработки последовательности обработки и выбора базовых поверхностей, так как погрешности установки заготовок на станок и пространственные отклонения влияют на величину припуска и, соответственно, на размеры исходной заготовки. Указанные погрешности по-разному проявляются в зависимости от принятой схемы базирования. Для условий серийного производства ограничиваются технико-экономическим обоснованием выбора исходной заготовки.

Главным при выборе исходной заготовки является обеспечение заданного качества детали при её минимальной себестоимости. Себестоимость детали определяют суммированием себестоимости заготовки по калькуляции заготовительного цеха и себестоимости её последующей обработки достижения заданных требований качества по чертежу.

Выбор исходной заготовки связан с конкретным технико-экономическим расчётом себестоимости детали, выполняемым для заданного годового объёма выпуска. При проектировании технологического процесса механической обработки для конструирования сложных деталей важно иметь данные о конструкции и размерах заготовки и, в частности, о наличии в заготовке отверстий, полостей, углублений, выступов.

Виды исходных заготовок. Подробная характеристика способов изготовления исходных заготовок, их особенность, область применения приведены в специальной литературе и стандартах. Общие рекомендации приведены в различных технологических справочниках. Для технологов и конструкторов, работающих на предприятиях машиностроительного профиля, при выборе и обосновании способа получения исходной заготовки можно рекомендовать справочники. Основные виды заготовок показаны на схеме (рисунок 1.4).

Отливки. Среди отливок до 80 % по массе занимают заготовки, изготавливаемые литьём в песчано-глинистые формы. Метод является универсальным применительно к литейным материалам, а также к массе и габаритам отливок. Специальные способы литья значительно повышают стоимость отливок, но позволяют получать отливки повышенного качества, требующие минимального объёма механической обработки.

Отливки по точности делятся на три класса. Самый точный – первый класс.

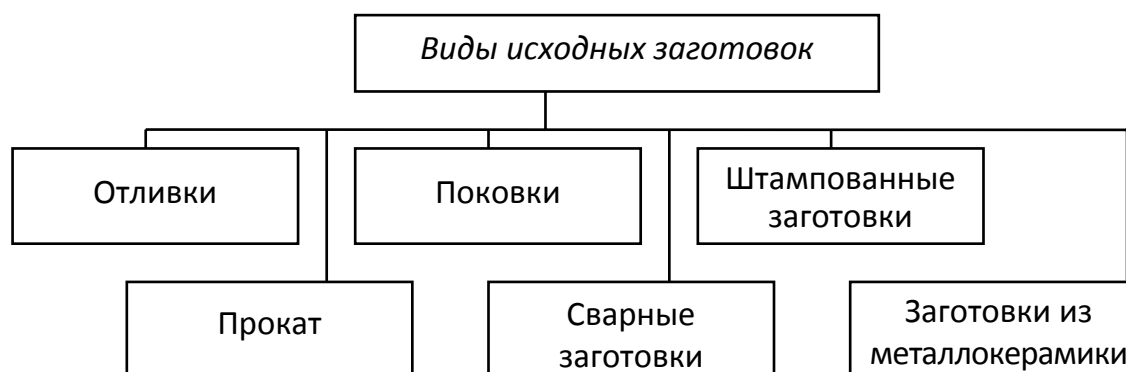


Рисунок 1.4

Характеристика отливок, получаемых различными методами, приведена в таблице 1.9.

Таблица 1.9 – Характеристика методов выполнения отливок

Способы изготовления отливок	Масса отливки, т	Материал	Область применения и особенность способа
1	2	3	4
Разовые формы			
Ручная формовка: в стержнях	До 2	Сталь, чугун, цветные сплавы	Отливки со сложной поверхно- стью, корпуса, головки и блоки цилиндров
мелких и средних опоках	До 0,1		Рукоятки, шестерни, шайбы, втул- ки, рычаги, муфты, крышки
Машинная формовка: в крупных опоках	До 2		Бабки, корпуса, суппорты, не- большие станины
мелких и средних опоках	До 0,1		Шестерни, подшипники, муфты, маховики; позволяет получать от- ливки повышенной точности
Литьё в оболочковые формы: жидкостекольные оболочковые	До 0,1		Точные отливки с низкой шерохова- тостью поверхности в серийном производстве
Многократные формы			
Литьё в формы: гипсовые	0,1	Сталь, чугун, цветные сплавы	Крупные и средние отливки в се- рийном производстве
графитовые	0,014		
металлокерамические и керамические	0,025		
каменные	0,03		
глинистые	50		
песчано-цементные	70		

Продолжение таблицы 1.9

1	2	3	4
Литьё в кокиль:	4 (сталь), 0,5 (цвет. сплавы)		Фасонные отливки в крупносерийном и массовом производствах (поршни, корпуса, диски, коробки передач, салазки)
Литьё под давлением:	0,1	Цветные сплавы, сталь	Отливки сложной конфигурации (тройники, колена, детали приборов, блок двигателя)
Литьё под низким давлением	0,03	Чугун, алюминиевые сплавы	Тонкостенные отливки с толщиной стенки 2 мм при высоте 500 – 600 мм (головки блока цилиндров, поршни)
Центробежное литьё	0,05	Чугун, сталь, цветные сплавы	Отливки типа тел вращения (венцы, шестерни, колёса, фланцы, шкивы, маховики), двухслойные заготовки

Поковки. Обработка металлов давлением является одной из важных технологических операций. Около 90 % выплавленной стали подвергают обработке давлением.

В зависимости от серийности выпуска деталей применяют различное оборудование и методы обработки давлением. В единичном и мелкосерийном производствах заготовки чаще всего изготавливают свободной ковкой. Этим способом можно получить поковки только простой конфигурации.

Ковкой получают поковки массой до 250 т с большими напусками. С применением подкладных штампов получают поковки массой до 150 кг, а мелкие, до 5 кг, – с относительно сложной формой без напусков. Поковки обычно изготавливают в единичном и мелкосерийном производствах.

Штампованные заготовки. В средне- и крупносерийном производствах применяют горячую штамповку на молотах, прессах и горизонтально-ковочных машинах. В массовом производстве, в отличие от универсального кузнечно-штамповочного оборудования, применяют специализированные кузнечные машины, имеющие узкое технологическое назначение. К машинам этого типа относят высокоскоростные штамповочные молоты, ковочные вальцы, обжимные, раскатные, поперечно-винтовые станы и другие машины.

Процессы, обеспечивающие максимальное приближение размеров и формы заготовки к форме и размерам готовой детали с минимальными отходами металла, относят к малоотходным процессам формообразования деталей. Среди процессов обработки металлов давлением такими процессами являются: точная штамповка, накатка резьб, шлицев, зубьев зубчатых колёс, горячее и холодное выдавливание, радиальное обжатие.

Основными способами горячей штамповки являются: штамповка в открытых штампах – до 3 т (в основном 50 – 100 кг); штамповка в закрытых штампах – до 100 кг; выдавливание – до 75 кг; прошивка – до 75 кг; штамповка на горизонтально-ковочных машинах – до 30 кг; гибка; радиальное обжатие – диаметром прутков – до 200 мм; высадка на электровысадочных машинах – до 60 мм; высадка на вертикально-ковочных машинах; накатка зубьев с модулем до 10 мм; правка давлением; калибровка штампованных заготовок и др.

Заготовки холодной штамповки. Холодная штамповка относится к наиболее прогрессивным способам изготовления заготовок деталей из листа и ленты посредством вырубки, вытяжки, проколки, гибки и т.п. Целесообразность её применения определяется серийностью выпуска изделия, конфигурацией детали, механическими свойствами материала, требуемой точностью изготовления детали.

Применение холодной штамповки для получения заготовок из листового материала выгодно в следующих случаях: если деталь имеет сложную форму, размеры которой не требуется выдерживать особо точно. При наличии у детали прорезей с острыми углами; при изготовлении деталей, заготовка которых имеет вид целых шайб или шайб с центральным отверстием. При обработке деталей Г-образной, П-образной или другой формы сложного очертания. В этом случае обработка из целого куска может привести к нецелесообразным затратам времени и к большому отходу материалов.

Основными операциями холодной штамповки являются: листовая штамповка, гибка, вытяжка, отбортовка, отрезка, вырубка, калибровка, правка, накатка, прошивка, раздача и др.

Прокат. Прокат применяют в тех случаях, когда конфигурация детали соответствует форме какого-либо сортового материала (круглого, шестигранного, квадратного, прямоугольного). В процессе проката раскалённые литые болванки подвергают многократному обжатию между валками прокатных станов. Это придаёт заготовкам из проката высокую прочность и плотность.

В машиностроении применяют для заготовок различные профили проката:

- болванки – заготовки под ковку и штамповку;
- простые профили сортового проката – круг, квадрат, шестигранник, полоса (ГОСТ 2590-2006, ГОСТ 2879-2006, ГОСТ 103-2006, ГОСТ 2591-2006);
- фасонные профили сортового проката – уголок, швеллер, двутавр, гнутый уголок, рельс (ГОСТ 8509-93, ГОСТ 8240-97, ГОСТ 8239-89);
- трубный прокат (ГОСТ 8732-78, ГОСТ 8734-75);
- гнутые профили (ГОСТ 8278-83, ГОСТ 8281-80, ГОСТ 8283-93);

- горячепрессованные профили;
- периодические профили проката;
- профили продольной прокатки (ГОСТ 8319.0-75);
- профили поперечно-винтовой прокатки (ГОСТ 8320.0-83, ГОСТ 8320.13-83).

Заготовки деталей машин получают отрезкой от проката. Способы отрезки заготовок от проката: газовая отрезка, разрезка на ножницах, разрезка на прессах, разрезка на пилах и ножницах, отрезка на отрезных станках и установках.

Заготовки, полученные из проката, в большинстве случаев подвергаются правке. Виды правок: правка на вальцеправильных станках, правка на прессах, ручная правка.

Сварные заготовки. Преимущества сварки, такие как универсальность, доступность для любых условий, возможность получения закрытых полых поверхностей и другие, позволяют получать прогрессивные виды заготовок: сварно-литые и штамповсварные.

Сварные заготовки являются более технологичными, чем отливки и штампованные заготовки, при изготовлении сложных крупных корпусных деталей, рам, каркасов. Они позволяют получать любые самые сложные конструкции, которые не могут быть получены другими видами заготовок и механической обработкой. Конструкции сварных заготовок получаются более лёгкими, прочными, с хорошим качеством необрабатываемых поверхностей, красивого внешнего вида.

Сварно-литые заготовки целесообразно применять в следующих случаях:

- когда при изготовлении цельнолитой заготовки наблюдается большой литейный брак из-за нетехнологичности конструкции;
- лишь отдельные части заготовки, работающие в особо трудных условиях, требуют применения более дорогих материалов;
- отдельные части детали требуют применения сложной и точной механической обработки;
- для удобства транспортирования тяжёлые и габаритные заготовки делят на несколько частей.

Штамповсварные заготовки из тонколистового материала, соединённые точечной шовной автоматической сваркой, применяют в массовом, крупносерийном и других типах производств для изготовления кронштейнов, рычагов, кожухов, поддонов, лёгких балок коробчатой формы и других деталей.

Заготовки из металлокерамики. Металлокерамические материалы и детали изготовляют из порошков различных металлов, не смешиваемых в расплавленном виде (железо-свинец, вольфрам-медь) или из смеси их с неметаллическими порошками (графит, кремнезём, асбест и др.). Этот вид

заготовок применяют для производства деталей, которые не могут быть изготовлены другими методами из тугоплавких элементов (вольфрам, молибден, магнитные материалы и т.п.).

Способ получения металлокерамических материалов основан на прессовании тонких металлических порошков в требуемой смеси в пресс-формах под давлением 100 – 600 МПа ($1000 - 6000 \text{ кгс/см}^2$) и последующем спекании при температуре немного ниже температуры плавления основного компонента. Способы получения металлокерамических материалов относят к методам порошковой металлургии. Этим способом обычно получают заготовки массой до 5 кг, подшипники скольжения (с антифрикционными свойствами), тормозные диски (с фрикционными свойствами), самосмазывающие втулки, детали для электротехнической и радиотехнической промышленности (контакты, магниты и др.).

Достоинством металлокерамической технологии является возможность изготовления деталей, не требующих последующей механической обработки.

1.7.1 Рекомендации и порядок работы

Литература по выбору исходных заготовок обширна. Краткий её перечень приведён в названии данного подраздела и в библиографическом списке. Здесь же даются только некоторые положения, которые могут помочь в работе.

Выбор исходной заготовки, как и разработка всего технологического процесса, основан на технико-экономических принципах. Но применять их надо обязательно в определённой последовательности, которая заключается в следующем.

Сначала рассматривают те сведения, которые дают технические требования чертежа, а из них, в первую очередь, марку материала, из которого надо изготовить деталь.

Объясняется это тем, что многие материалы предназначены только для определённых видов заготовительных процессов. Чугуны не обрабатывают давлением и, следовательно, из них нельзя получить ни прокат, ни поковки, ни штампованные заготовки. Сталь марки 40Л тоже предназначена лишь для литья. Близкую же к ней сталь марки 40 подвергают обработке давлением, и она не годится для литых заготовок. Аналогичные примеры есть и среди цветных сплавов.

Определить, что заданная конструктором марка материала относится к литейной, во многих случаях можно по букве «Л», стоящей в конце обозначения. Если этот признак не помогает, то надо обращаться к соответствующему стандарту (он указан на чертеже) или использовать таблицу 1.10, где даны сведения о некоторых материалах.

Таблица 1.10 – Применимость некоторых материалов

Наименование материала	ГОСТ	Марка материала	Вид заготовки
Чугун серый	1412-85	СЧ10, СЧ15, СЧ18 и др.	Литая
Чугун ковкий	1215-79	КЧ30-6, КЧ33-8, КЧ35-10 и др.	Литая
Чугун антифрикционный	1585-85	АЧС-1...АЧС-6, АЧК-1, АЧК-2, АЧВ-1, АЧВ-2	Литая
Сталь	1050-88	08...60	Горячекатаная и кованая
Сталь	4543-71	10Г2...50Г2, 15Х...50Х, 20ХН...45ХН, 20ХГСА...35ХГСА	Горячекатаная и кованая
Сталь	977-88	15Л...50Л, 20ГЛ, 35ГЛ, 40ХЛ, 35ХМЛ, 35ХГСЛ и др.	Литая
Алюминиевые сплавы	4784-97	АК6, АК8 и др.	Деформируемая
Магниеые сплавы	2856-79	МЛЗ...МЛ19	Литая
Магниеые сплавы	14957-76	МА1, МА2 и др.	Деформируемая
Медные сплавы (бронзы)	18175-78	БрА9Мц-1, БрА10Мц-2, БрА10ЖМц-3-1,5; БрКМц3-1, БрА9Ж-3 и др.	Обрабатываемая давлением
Медные сплавы (бронзы)	493-79	БрА9Мц-2Л, БрА10Мц-2Л, БрА9Ж-3Л и др.	Литая
Медные сплавы (латуни, томпаки)	15527-2004	Л60...Л96, ЛМц58-2, ЛАЖ60-1-1, ЛЖМц59-1-1, ЛО60-1...ЛО90-1, ЛК80-3	Обрабатываемая давлением
Медные сплавы (латуни)	Р 50425-92	ЛЦ40С, ЛЦ40Мц3Ж, ЛЦ16К4 и др.	Литая

Анализ марки материала почти всегда позволяет уменьшить число видов возможных исходных заготовок, но не затрагивает методы их изготовления. Установлено, например, что необходима отливка. Но какая? Полученная в опоках с ручной или машинной формовкой, литьем в оболочковые формы или по выплавляемым моделям, в кокиль или под давлением, на центробежных машинах или отливка, полученная каким-либо другим методом? Часто приходится уточнять и вид исходной заготовки. Так, если материал относится не к литейным, а к деформируемым, то возможны для исходной заготовки и прокат, и поковка. Каждый же из этих видов, в свою очередь, может быть изготовлен различными методами. Поэтому анализ исходных данных надо продолжить, используя следующие данные:

- конструктивные формы и размеры детали;
- требования к качеству материала и поверхностных слоёв, к шероховатости поверхности и к геометрической точности детали;
- объём выпуска и тип производства;
- возможности предприятия в получении заготовок (изготовление и приобретение);

- сроки исполнения заказа;
- масса заготовки и другие показатели.

Применимость некоторых материалов приведена выше (см. таблицу 1.10).

Исходя из необходимости максимального приближения формы и размеров заготовки к параметрам готовой детали, следует применять прогрессивные методы получения заготовок, такие как литьё по выплавляемым моделям, литьё в оболочковые формы, литьё под давлением, штамповку в закрытых штампах и др. Прогрессивные способы получения заготовок обеспечивают снижение затрат на механическую обработку и повышают качество продукции.

1.7.2 Общие рекомендации по выбору исходных заготовок

Корпусные коробчатые детали закрытого типа, в которых монтируют рабочие механизмы и узлы машин (корпуса двигателей и передаточных механизмов, станины, коробки и цилиндры), независимо от типа производства целесообразно изготавливать литьём.

Корпусные коробчатые детали открытого типа, на которые монтируют рабочие механизмы и узлы машин (рамы, корпуса), а также детали, связывающие отдельные узлы машин и одновременно выполняющие функции корпусных, но с меньшими размерами (кронштейны, траверсы), в условиях серийного производства также целесообразно изготавливать литьём. В мелкосерийном и единичном производствах целесообразнее изготавливать заготовки сварными.

Детали сборочных единиц (узлов) машин:

1) Зубчатые колёса, маховики, блоки, ступицы, корпуса и крышки подшипников, тройники, рычаги, серьги в серийном производстве изготавливают литьём преимущественно в тех случаях, когда их нерентабельно изготавливать штамповкой на высокопроизводительном оборудовании; в мелкосерийном и единичном производствах их изготавливают литьём.

2) Гладкие и ступенчатые валы с небольшим перепадом диаметров ступеней (стаканы, втулки, кольца) в серийном и единичном производствах целесообразно изготавливать из проката.

3) Балки, кронштейны, плиты, рамы в серийном и единичном производствах целесообразно изготавливать из профильного сортового проката (уголок, швеллер, двутавр) с применением, если необходимо, сварки.

Диаметр исходной заготовки для деталей, изготавливаемых из круглого сортового проката, определяют в соответствии с ГОСТ 2590-2006 или по справочнику [23, с. 584].

Если в результате анализа по всем показателям вид исходной заготовки и способ её изготовления определились однозначно, то работа на

данном этапе закончена. Случай, когда не требуется подробное экономическое обоснование, довольно част, особенно в условиях единичного и мелкосерийного производств. Если же оказалось, что перечисленные показатели не дали предпочтение какому-либо одному виду исходной заготовки и способу её изготовления, то необходим экономический анализ.

Сопоставительный анализ натуральных показателей по сравниваемым вариантам технологического процесса получения исходной заготовки позволяет более полно охарактеризовать их отдельные преимущества и недостатки. При выполнении курсового и дипломного проектов сопоставительный анализ приводить обязательно.

1.7.3 Экономическая целесообразность выбора исходной заготовки

При экономическом анализе определяют стоимости основных материалов по выбранным двум-трём вариантам и сравнивают между собой. Если стоимость основного материала по одному из вариантов оказалась значительно меньше, чем по другим вариантам, то этот способ получения исходной заготовки и принимают как наилучший. Если стоимость основного материала по двум вариантам отличается не более чем на 10 % и меньше, чем по третьему варианту, то выбирают такой способ изготовления, при котором припуски на механическую обработку будут меньшими.

Стоимость основных материалов (исходных заготовок с учётом утилизации отходов) определяют следующим образом:

$$M_0 = (C_{\text{ЗАГ}} - m_{\text{ОТХ}} \cdot C_{\text{ОТХ}}) \cdot K_{\text{ИНФ}},$$

где M_0 – стоимость основных материалов на изготовление детали, р.;

$C_{\text{ЗАГ}}$ – цена исходной заготовки, р.;

$m_{\text{ОТХ}}$ – масса отходов на одну деталь, кг;

$C_{\text{ОТХ}}$ – цена одного килограмма отходов, р./кг;

$K_{\text{ИНФ}}$ – коэффициент инфляции.

Цены материалов, исходных заготовок и отходов определяют по прейскурантам оптовых цен. Зная цены на материалы, можно вычислить цену исходной заготовки:

$$C_{\text{ЗАГ}} = m_3 \cdot C_{\text{М}} \cdot K_{\text{Т.З}},$$

где m_3 – масса исходной заготовки или норма расхода материала на одну деталь, кг;

$C_{\text{М}}$ – оптовая цена единицы массы материала (исходной заготовки), р./кг;

$K_{\text{Т.З}}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов при приобретении материалов, $K_{\text{Т.З}} = 1,04 \dots 1,08$.

Массу отходов на одну деталь определяют $m_{\text{ОТХ}} = m_3 - m_{\text{Д}}$, где $m_{\text{Д}}$ – масса детали, кг.

Коэффициент инфляции $K_{\text{инф}}$ показывает, во сколько раз действующие цены превышают цены по прейскуранту.

Цену одного килограмма материала, исходной заготовки и отходов определяют

$$\{C_m; C_{\text{заг}}; C_{\text{отх}}\} = \{C_i\} / 1000,$$

где C_i – цена одной тонны материала либо исходной заготовки, либо отходов, р.

Оптовые базовые цены на некоторые материалы приведены в таблицах 1.11 – 1.16 [3].

Таблица 1.11 – Оптовые цены на отливки, р./т [3]

Масса отливки, кг	Серый чугун				Высокопрочный чугун				Углеродистая сталь			
	Группы сложности отливок											
	простые	несложные	средней сложности	сложные	простые	несложные	средней сложности	сложные	простые	несложные	средней сложности	сложные
До 0,2	265	300	345	400	380	435	500	570	310	370	435	510
0,2...0,5	250	285	330	385	365	420	485	555	300	360	425	495
0,5...1,0	235	270	315	370	350	405	470	540	280	335	400	470
1...3	210	245	290	340	315	365	430	500	240	285	350	420
3...10	185	220	265	315	265	315	375	440	220	265	325	395
10...20	170	205	245	295	250	285	330	385	200	245	305	370
20...50	160	190	230	280	235	260	320	375	185	230	285	350
50...200	145	175	215	260	215	245	290	340	175	215	270	330
200...500	130	160	195	240	200	225	275	320	165	205	260	315
500...1000	125	155	190	230	195	215	265	310	155	195	250	300

Основные термины и понятия

Деталь – изделие, изготовленное из однородного материала, ограниченное рядом поверхностей, расположенных одни относительно других (выбранных за базы), исходя из служебного назначения её в машине и наиболее экономичной технологии её изготовления и монтажа.

Заготовка – предмет труда, из которого изменением формы, размеров, свойств поверхности или материала изготавливают деталь.

Изделие – изготовленный предмет, машина, вещь, товар.

Таблица 1.12 – Оптовые цены на некоторые виды чугуна и стали [3]

Виды материала	Цена, р./т
<i>Чугун</i>	
Коксовый чугун ЛК0-ЛК5	72,4...67,4
Легированный чугун ЛХЧ1-ЛХЧ6	97,4...90,6
<i>Сталь углеродистая обыкновенная</i>	
Круглая Ø9...250 мм	110...76,4
Квадратная, со стороной квадрата 9...250 мм	110...76,4
Полосовая, толщиной 4...60, шириной 12...200 мм	110...78,1
Тонколистовая, толщиной до 3,9 мм	134...81,5
Толстолистовая, толщиной 4...160 мм	79,9...112
<i>Сталь низколегированная</i>	
Круглая и квадратная, размером 90...250 мм	135...106
Полосовая, шириной 12...200, толщиной 4...60 мм	136...109
Тонколистовая, толщиной до 3,9 мм	170...111
Толстолистовая, толщиной 4...160 мм	109...150
<i>Сталь качественная (круглая и квадратная конструкционная)</i>	
Углеродистая качественная	166...95
Легированная качественная	359...111
Легированная высококачественная	718...126
Инструментальная:	
углеродистая	166...110
легированная	1580...141
быстрорежущая	5730...1720
Специальная (нержавеющая, жаропрочная)	3520...186
Тонколистовая, толщиной от 0,5...0,75 до 3,4 мм:	
углеродистая	214...113
легированная	1010...146
инструментальная	4960...159
Толстолистовая, толщиной от 4...4,9 до 62...140 мм:	
углеродистая	153...112
легированная	504...133
инструментальная	3640...142

Исходная заготовка – заготовка перед первой технологической операцией.

Ковка – обработка металлов давлением с помощью подкладного инструмента или бойков.

Кокиль – металлическая литейная форма многократного использования, состоящая из двух и более частей.

Литьё – изготовление исходной заготовки или изделия из жидкого материала заполнением им полости литейных форм с последующим затвердением.

Таблица 1.13 – Цены на наиболее распространённые материалы, р./кг

Наименование материала	Цена
Сталь: конструкционная сортовая углеродистая (сталь 20 – 50)	0,16
конструкционная сортовая легированная (30ХН3А)	0,28
инструментальная сортовая углеродистая (У7А, У8А)	0,15
инструментальная сортовая легированная (ХВГ)	0,34
листовая нержавеющая (7Х18Н9)	0,96
Серебрянка	1,12
Трубы: стальные тонкостенные	0,56
стальные цельнотянутые	0,26
алюминиевые	1,01
латунные	1,03
Прутки: алюминиевые	0,89
латунные	1,01
Проволока латунная	1,04
Литьё: бронзовое	2,17
алюминиевое	2,27
латунное	1,23
стальное точное	2,01

Таблица 1.14 – Оптовые цены на штампованные заготовки, р./т [3]

Масса штампо- ванной заготовки, кг	Материал штампованной заготовки											
	Сталь 18ХГТ, 30ХГТ, 33ХС, 38ХС, 40ХС, 25ХГТ				Сталь 20ХН-45ХН и 20ХНГР				Сталь 12ХН2			
	Группы сложности штампованных заготовок											
	простые	несложные	сложные	особо сложные	простые	несложные	сложные	особо сложные	простые	несложные	сложные	особо сложные
До 0,25	655	710	775	850	715	775	830	900	750	810	870	940
0,25...0,63	525	580	645	710	570	630	685	745	605	665	725	785
0,63...1,6	415	465	515	585	465	520	570	630	500	555	610	670
1,6...2,5	365	405	460	520	395	450	500	555	425	480	535	590
2,5...4	310	350	400	455	345	390	435	470	375	420	465	510
4...10	275	315	355	395	315	350	390	430	345	380	420	460
10...25	250	280	315	355	300	325	355	395	320	345	375	415
25...63	240	265	295	330	285	310	340	370	310	330	355	395
63...160	235	255	285	315	280	300	330	360	300	320	345	380
160...400	230	250	275	305	275	295	320	350	295	315	340	370

Металлокерамика – материалы, полученные из порошков металлов с неметаллическими добавками путём их прессования и спекания.

Обработка давлением – обработка, заключающаяся в пластическом деформировании материала.

Таблица 1.15 – Оптовые цены на поковки, изготавливаемые свободной ковкой, р./т

Масса поковки, кг	Материал поковки											
	Сталь 15X – 50X				Углеродистая качественная сталь 08...85				Сталь 5XНМ			
	Группа сложности											
	простые	несложные	сложные	особо сложные	простые	несложные	сложные	особо сложные	простые	несложные	сложные	особо сложные
До 2	395	445	500	585	—	—	—	—	585	640	710	790
2...10	350	395	445	505	—	—	—	—	555	605	665	735
10...25	315	355	400	445	—	—	—	—	530	575	630	690
25...70	290	325	365	410	325	350	415	—	510	550	600	650
70...180	270	300	335	375	300	325	375	395	495	530	575	620
180...320	255	280	310	345	280	305	350	365	485	515	555	595
320...700	245	265	290	320	260	285	330	435	475	500	535	570
700...1000	235	250	270	295	240	265	310	325	465	485	515	545

Таблица 1.16 – Средние заготовительные цены на отходы, р./кг

Наименование материала	Цена
Стружка: стальная витая	0,0184
стальная мелкая	0,0226
стальная и чугунная для доменных печей	0,0117
стальная легированная	0,05
жаропрочной стали (ЭИ435 или ЭИ437)	2,67
жаропрочная смешанная	0,5
Алюминиевые сплавы: в кусках	0,328
стружка	0,241
Медь: в кусках	0,545
стружка	0,48
Бронза: оловянная	0,72
свинцовистая	0,335
Латунь: в кусках	0,402
стружка	0,361
Цинк	0,213
Смесь двух или более цветных металлов (сплавы)	0,184

Отливка – изделие или заготовка, полученные технологическим методом литья [49].

Поковка – изделие или заготовка, полученные технологическим методомковки [49].

Прокат – металлические изделия, получаемые путём горячей и холодной прокатки (листы, полосы, круг, квадрат, уголок, швеллер, трубы).

Сварка – получение неразъёмных соединений посредством установления межатомных связей между соединяемыми частями при их нагревании и (или) пластическом деформировании (ГОСТ 2601-84).

Сварная заготовка – предмет труда, изготовленный из отдельных частей, соединённых сваркой.

Себестоимость – сумма всех затрат, связанных с изготовлением изделия.

Штамповка – обработка металлов давлением с помощью штампа (ГОСТ 18970-84).

Штампованная заготовка – изделие или исходная заготовка, полученные технологическим методом штамповки.

Литература: [4; 6; 9; 13; 16; 17; 19; 20; 21; 24; 25; 26; 27; 29; 34; 35; 37; 39; 41; 42; 49; 58].

Контрольные вопросы

- 1) Что означает термин «деталь»?
- 2) Что означает термин «заготовка»?
- 3) Что означает термин «изделие»?
- 4) Что означает термин «исходная заготовка»?
- 5) Как определить стоимость отходов?
- 6) Что означает термин «процессковки»?
- 7) Что означает термин «кокиль»?
- 8) Что означает термин «процесслитья»?
- 9) Что означает термин «металлокерамика»?
- 10) На какие виды подразделяют заготовки?
- 11) Какова зависимость для определения стоимости исходной заготовки?
- 12) Какова зависимость для определения стоимости материала, требуемого для изготовления детали?
- 13) Что означает термин «обработка давлением»?
- 14) Что означает термин «отливка»?
- 15) Что означает термин «поковка»?
- 16) Что означает термин «прокат»?
- 17) Что означает термин «сварка»?
- 18) Что означает термин «сварная заготовка»?
- 19) Что означает термин «себестоимость»?
- 20) Что больше: стоимость исходной заготовки или стоимость материала, требуемого для изготовления детали?
- 21) Что означает термин «штамповка»?
- 22) Что означает термин «штампованная заготовка»?

2 ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БАЗ

Выбор технологических баз – это ответственный этап проектирования технологического процесса обработки резанием. Его цель – обеспечить исполнение требований к точности детали, которые нельзя достичь методами обработки. На этом этапе необходимо свести к минимуму погрешность установки, придать однообразное положение заготовкам в технологической системе, уменьшить или исключить погрешность несовмещения баз.

Правильный выбор технологических баз – очень трудоёмкая работа. Она требует учёта многочисленных факторов и построена в основном на логических рассуждениях. Поэтому особое значение приобретает методика, определяющая наиболее целесообразный порядок и содержание действий технолога [57].

Приступая к выбору технологических баз и разработке схем базирования, необходимо тщательно изучить, усвоить, чётко представлять и уметь применять основные положения, термины и определения, касающиеся основ базирования. Этап разрабатывают для условий работы на настроенных станках.

Выбор технологических баз тесно связан с построением маршрута обработки заготовки. При выборе баз нужно чётко представлять план обработки заготовки, который на последующих этапах подвергается дальнейшей детализации и уточнению. Исходными данными при выборе баз являются рабочий чертёж детали, чертёж заготовки, технические условия (требования) на изготовление детали и заготовки. Выбор технологических баз рекомендуется выполнять в определённой последовательности.

2.1 Базирование. Установка

Базирование – придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат [7; 55; 57].

Осуществляют его в соответствии с «правилом шести точек», суть которого заключена в следующем. Каждое тело (далее заготовка) имеет в пространстве шесть степеней свободы. Оно может перемещаться вдоль трёх координатных осей и вращаться вокруг каждой из них. Положение тела вполне определяется шестью независимыми координатами или связями. Каждая координата (двухсторонняя связь – расстояние или размер) лишает тело одной степени свободы.

Например, в случае призматической заготовки (рисунок 2.1) задание трёх координат 1-1, 2-2, 3-3 определяет расстояние трёх точек нижней поверхности заготовки, лишая одновременно её трёх степеней свободы – возможности перемещаться в направлении оси Z и вращаться вокруг осей,

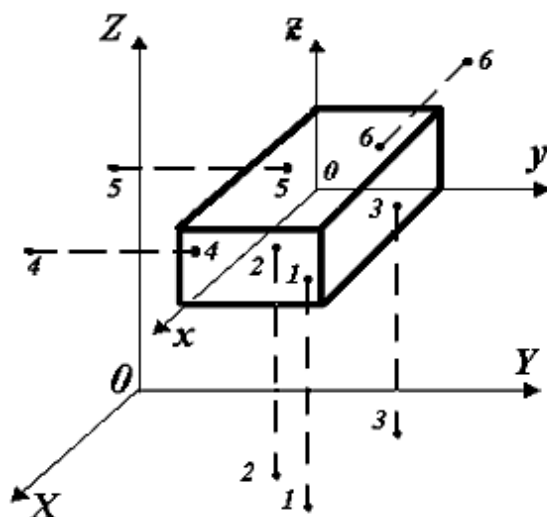


Рисунок 2.1

параллельных осям X и Y . Две координаты 4-4 и 5-5 одновременно лишают заготовку двух степеней свободы – возможности перемещаться в направлении оси Y и вращаться вокруг оси, параллельной оси Z . Координата 6-6 лишает возможности перемещения заготовки в направлении оси X [24; 60].

Если выбранные координатные оси X , Y и Z рассматривать принадлежащими установочным элементам приспособления и привести в соприкосновение с ними соответствующие поверхности заготовки, то шесть ко-

ординат превращаются в шесть опорных точек. Следовательно, для определения положения заготовки относительно приспособления необходимо и достаточно иметь шесть опорных точек. Добавление опорных точек сверх шести не только не нужно, но и вредно, так как вносит добавочные погрешности в определение положения заготовки.

Дополнительные опоры, служащие для обеспечения жёсткости и устойчивости, изображают условными знаками (рисунок 2.2).

Опорная точка – точка, символизирующая одну из связей заготовки или изделия с выбранной системой координат [55].

На операционных эскизах опорную точку, служащую для базирования, изображают условными знаками (рисунок 2.3).

вид
спереди
и сбоку

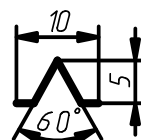


вид
сверху



Рисунок 2.2

ВИД
спереди
и сбоку



вид
сверху

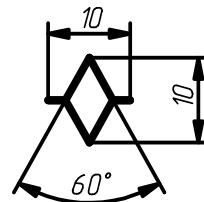


Рисунок 2.3

В определении «опорная точка» не случайно применено слово «символизирующая», так как на самом деле связи в полном смысле этого слова нет. Заготовка лишь соприкасается с опорой приспособления. Малейшее

усилие может нарушить приданную ориентировку. Иначе говоря, есть только односторонняя связь: опора препятствует перемещению или вращению только в одном направлении, в противоположном же – никаких ограничений нет [24; 57; 69].

Для того чтобы можно было вести обработку, надо изменить характер связей: превратить их из односторонних в двухсторонние, то есть закрепить заготовку (или «приклеить» заготовку к опорным точкам), обеспечив определенность базирования заготовки.

Под **определённостью базирования** заготовки понимается «неизменность» её положения относительно установочных элементов приспособления, с которыми она соединена и которые определяют её положение в процессе изготовления [24].

Для обеспечения определенности базирования требуется закрепление.

Закрепление – приложение сил к заготовке или изделию для обеспечения постоянства их положения, достигнутого при базировании [55; 69].

Базирование в большинстве случаев не может быть без закрепления и определяется понятием «установка».

Установка – базирование и закрепление заготовки или изделия [55].

Процесс установки состоит из двух этапов: из этапа ориентации заготовки и этапа приложения зажимных сил. Первый этап связан с лишением шести степеней свободы, второй этап – с обеспечением двухсторонней связи между заготовкой и опорами приспособления.

На операционных эскизах закрепление изображают условными знаками сил (рисунок 2.4).

Из изложенного следует, что грубой ошибкой будет ответ: «шестая степень свободы лишается силой зажима». Эта ошибка часто встречается в практике при разработке системы базирования. Для размещения шести опорных точек всегда необходимо наличие у заготовки трёх поверхностей или заменяющих их сочетаний, то есть необходимо наличие координатной системы или комплекта баз.

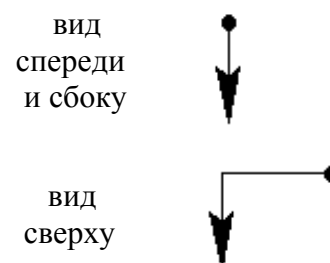


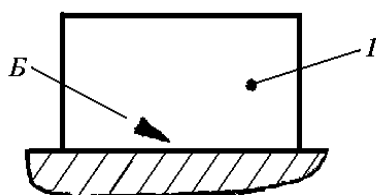
Рисунок 2.4

2.2 Базы и схемы базирования

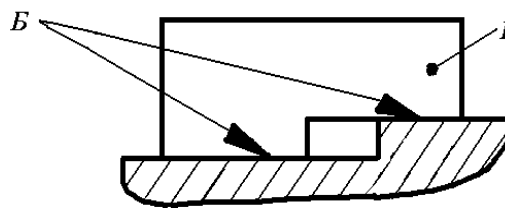
База – поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащие заготовке или изделию и используемые для базирования [55]. Примеры баз показаны на рисунке 2.5, базы обозначены буквой *Б*, а заготовки цифрой *1*.

Комплект баз – совокупность трёх баз, образующих систему координат заготовки, изделия или инструмента.

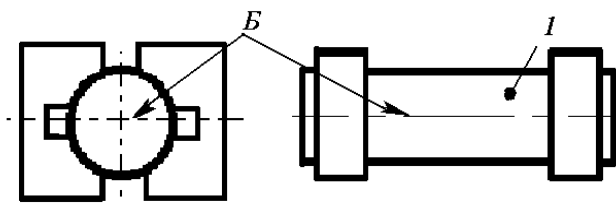
База – поверхность



База – сочетание поверхностей



База – ось



База – точка

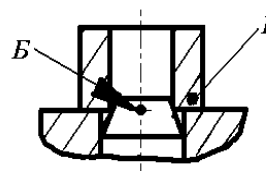


Рисунок 2.5

Классификация баз

Согласно [24; 55; 69], базы делят на виды: по назначению, лишаемым степеням свободы, характеру проявления.

По **назначению** устанавливают следующие виды баз.

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

Основная база – конструкторская база данной детали или сборочной единицы, используемая для определения их положения в изделии.

Вспомогательная база – конструкторская база данной детали или сборочной единицы, используемая для определения положения присоединяемого к ним изделия.

Основные базы определяют положение самой детали, которой они принадлежат относительно других, а вспомогательные базы определяют положение других деталей относительно рассматриваемой.

Технологическая база – база, используемая для определения положения заготовки или изделия при изготовлении или ремонте.

Измерительная база – база, относительно которой производится измерение расстояний и поворотов (определение положения) других поверхностей, осей [57; 69].

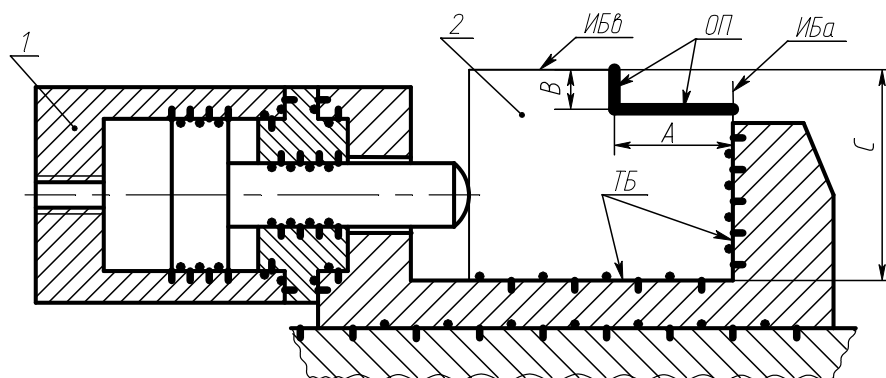
На рисунке 2.6 показаны примеры баз.

По **лишаемым степеням свободы** установлены следующие виды баз.

Установочная база – база, лишаящая заготовку или изделие трёх степеней свободы – перемещения вдоль одной координатной оси и поворотов вокруг двух других осей.

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

Опорная база – база, лишаящая заготовку или изделие одной степени свободы – перемещения вдоль одной координатной оси.



*ИБа – измерительная база для размера А; ИБв – измерительная база для размера В;
ТБ – технологические базы; ОП – обрабатываемые поверхности;
••• (точки) – основные базы; - - - (черточки) – вспомогательные базы;
1 – гидроцилиндр; 2 – заготовка*

Рисунок 2.6

Для теоретического объяснения баз по лишаемым степеням свободы достаточно только трёх баз. Эти базы в совокупности образуют комплект баз. Расположение опорных точек полностью соответствует координатам, показанным выше (см. рисунок 2.1).

По **характеру проявления** установлены следующие базы.

Явная база – база заготовки или изделия, положение которой определяется другими деталями или сборочными единицами.

Скрытая база – база, мысленно проводимая перпендикулярно имеющейся у детали базы для доведения их общего числа до трёх. Другими словами, скрытая база – такая, по положению которой ориентирует заготовку рабочий без выверки с большей погрешностью. На рисунке 2.7 показана установка заготовки **8** на электромагнитном столе **7** плоскошлифовального станка. Опорные точки **1**, **2**, **3** – явная установочная база, положение которой определяется плоскостью стола станка (объектом). Опорные точки **4**, **5** – скрытая направляющая база, положение которой, т.е. совмещение с осью стола станка, определяет рабочий (субъект). Опорная точка **6** – скрытая опорная база, положение которой, то есть совмещение с осью настройки стола станка, определяет тоже рабочий (субъект).

При установке заготовки типа прутка в трехкулачковом патроне (рисунок 2.8) опорные точки **2** и **6** являются скрытыми базами.

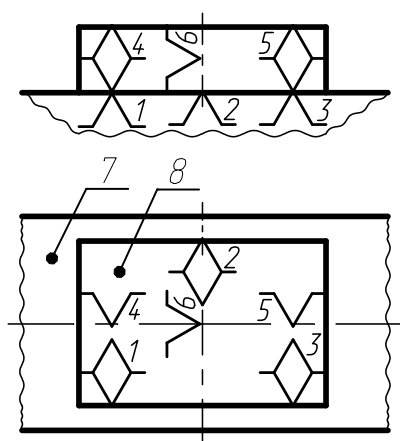


Рисунок 2.7

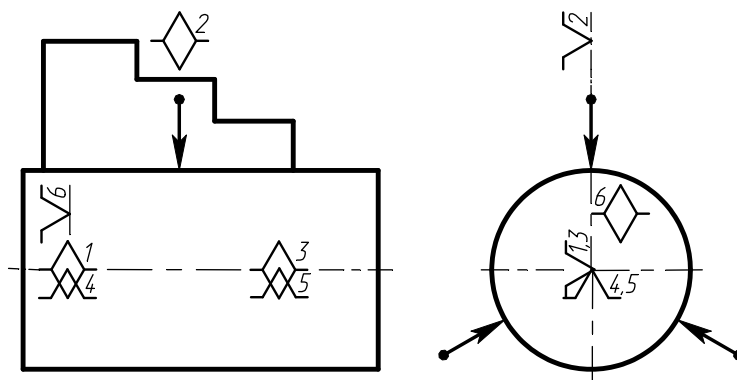


Рисунок 2.8

Схемы базирования

Схема базирования – схема расположения опорных точек на базах.

Все опорные точки на схеме базирования изображают условными знаками (см. рисунок 2.2) и нумеруют порядковыми номерами, начиная с базы, на которой располагается наибольшее количество опорных точек (см. рисунки 2.7, 2.8 и 2.9). Опорные точки **1**, **2**, **3** обозначают установочную базу; опорные точки **4**, **5** обозначают направляющую базу; опорная точка **6** обозначает опорную базу.

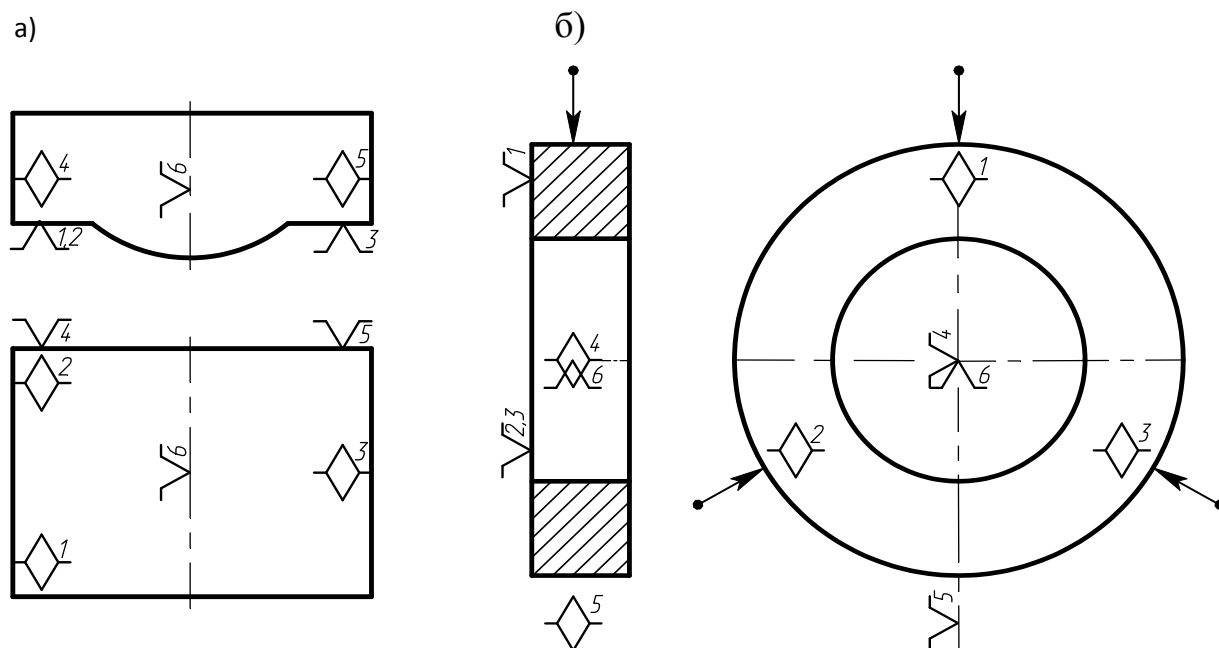


Рисунок 2.9

При наложении в какой-либо проекции одной опорной точки на другую изображают одну точку и около неё проставляют номера совмещённых точек (см. рисунки 2.8 и 2.9).

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

Для изображения опорных точек и зажимных сил применяют сплошную тонкую линию по стандарту [44].

2.3 Погрешность несовмещения баз (погрешность базирования)

Погрешность несовмещения баз – разность предельных расстояний измерительной базы относительно технологической или установленного на размер инструмента.

Погрешность несовмещения баз равна нулю при совмещении измерительной базы выполняемого размера и одной из технологических баз. Выше (см. рисунок 2.6) показана схема установки, для которой погрешность несовмещения баз по отношению к размеру **A** равна нулю: $\mathcal{E}_{H,\delta A} = 0$ (технологическая и измерительная базы совмещены в одной плоскости), а по отношению к размеру **B** равна допуску **T** на размер заготовки **C** – $\mathcal{E}_{H,\delta B} = T$ (технологическая база – нижняя поверхность заготовки, не совмещена с измерительной базой – верхняя поверхность заготовки).

При разработке схем базирования желательно исключать погрешность несовмещения баз совмещением технологических и измерительных баз. Однако при разработке технологического процесса исключить погрешность несовмещения баз во всех случаях не удаётся. Поэтому надо уметь выявлять погрешность несовмещения баз и производить перерасчёт конструкторских размеров на технологические в соответствии с избранной последовательностью обработки поверхностей.

Выявление погрешности несовмещения баз рекомендуется производить в последовательности:

- 1) найти измерительную базу для выполняемого размера;
- 2) найти технологическую базу для выполняемого размера;
- 3) определить размер между технологической и измерительной базами;
- 4) определить допуск на этот размер, который и будет равен погрешности несовмещения баз.

2.4 Методика разработки схемы базирования

Разработка схемы базирования поясняется следующими примерами [69].

Пример 1. У детали (рисунок 2.10, а) требуется обработать паз с получением размеров, заданных на чертеже. Остальные размеры на чертеже не проставлены, с целью сосредоточить внимание на тех, которые должны быть получены при обработке на данной операции.

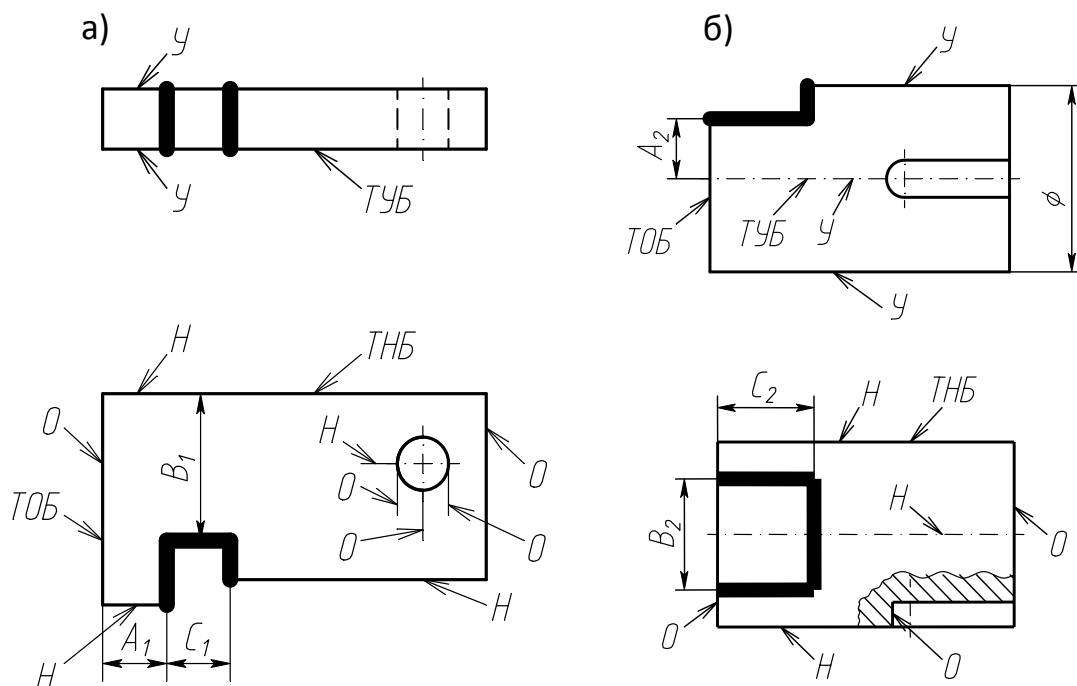


Рисунок 2.10

Пример 2. У детали (рисунок 2.10, б) требуется обработать уступ. Поверхности обработки изображены утолщенными линиями.

При разработке схемы базирования надо учитывать условия, позволяющие наиболее правильно произвести выбор технологических баз [69].

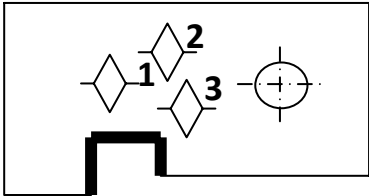
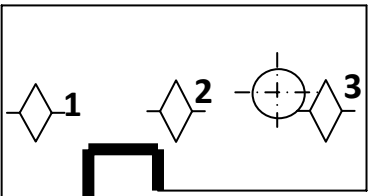
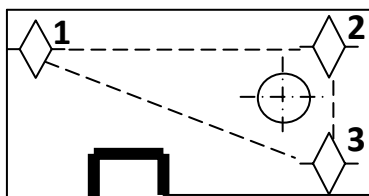
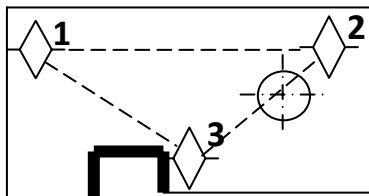
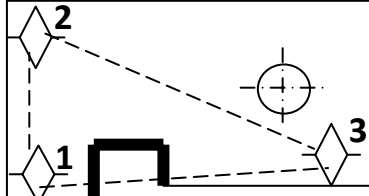
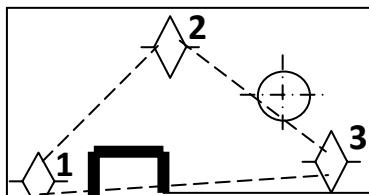
Условие 1. Отбор поверхностей; плоскостей, проходящих через оси (чаще оси симметрии заготовки); сочетаний поверхностей в качестве технологических баз с учётом их геометрических размеров.

Условие 2. Совмещение технологических баз с измерительными (конструкторскими) базами для исключения погрешности несовмещения баз.

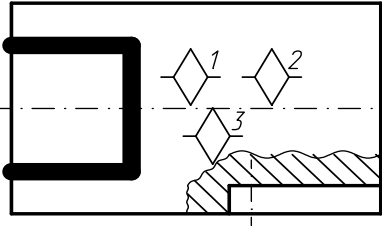
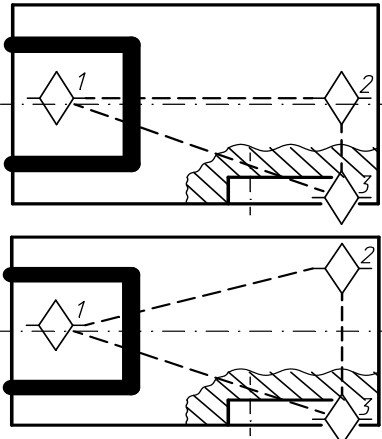
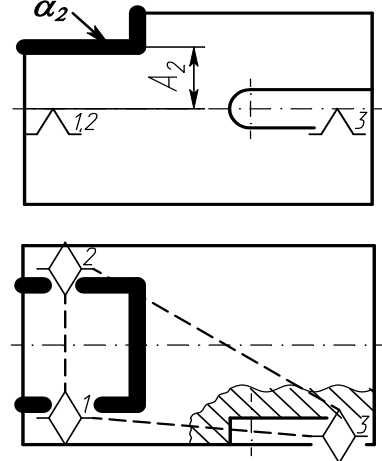
Условие 3. Расположение опорных точек на самом удалённом расстоянии друг от друга для повышения точности ориентации.

Условие 4. Желательно, чтобы поверхность обработки находилась в зоне расположения опорных точек (в таблице 2.1 зона расположения опорных точек показана штриховыми линиями).

Таблица 2.1 – Расположение опорных точек (установочная база)

Пример	Эскиз и расположение опорных точек	Оценка	Пояснение
1		Неправильно	Возникает большая погрешность из-за близко расположенных опорных точек
		Неправильно	Лишаются только две степени свободы, так как опорные точки расположились в линию
		Не рекомендуется	Снижена устойчивость, так как поверхности обработки находятся вне зоны расположения опорных точек (зона обозначена штриховыми линиями)
			
		Правильно	Обеспечиваются наибольшая точность (перпендикулярность поверхностей паза относительно нижней установочной поверхности) и устойчивость
			

Продолжение таблицы 2.1

Пример	Эскиз и расположение опорных точек	Оценка	Пояснение
2		Неправильно	Возникает большая погрешность из-за близко расположенных опорных точек
		Не рекомендуется	Снижена устойчивость
		Правильно	Обеспечиваются точность (выдерживается размер A_2 и параллельность поверхности α_2 к плоскости, проходящей через ось цилиндрической поверхности) и устойчивость

Разработку схемы базирования рекомендуется производить в такой последовательности:

1) В соответствии с условием 1 отбирают плоскости с наибольшими габаритными размерами, которые могут быть использованы в качестве технологических установочных баз (**ТУБ**). Такие плоскости у заготовок (см. рисунок 2.10) отмечены знаком **У** (установочные поверхности). У заготовки

(см. рисунок 2.10, б) – плоскость, проходящая через ось заготовки и ось шпоночного паза, расположенного на боковой поверхности.

2) В соответствии с условием **2** отмеченные плоскости (знак **У**) совмещают с измерительными базами (с базами, от которых надо выдерживать размеры, заданные на чертеже). Такие плоскости у заготовок (см. рисунок 2.10) отмечены знаком **ТУБ**. У заготовки (см. рисунок 2.9, б) плоскость, отмеченная знаком **ТУБ**, совпадает с измерительной базой, а у заготовок (рисунок 2.10, а) технологическими установочными базами могут быть как отмеченная знаком **ТУБ**, так и противоположная ей верхняя поверхность. В любом случае они обеспечивают положение заготовки относительно инструмента и перпендикулярность обрабатываемых поверхностей относительно технологических установочных баз.

3) На выбранной технологической установочной базе располагают три опорные точки таким образом, чтобы обеспечивались наибольшая точность и устойчивость (требования, вытекающие из условий **3** и **4**).

Примеры и рекомендации расположения опорных точек приведены в таблице 2.1, где даны оценка и пояснения, показывающие распространённые неточности и ошибки при разработке схем базирования.

4) В соответствии с условием **1** выбирают плоскости наибольшей протяжённости, которые могут быть использованы в качестве технологических направляющих баз (**ТНБ**). Такие плоскости у заготовок (см. рисунок 2.10) отмечены знаком **Н** (направляющие). В примере **1** (см. рисунок 2.10, а) в качестве направляющих баз могут быть выбраны боковая поверхность или сочетание боковых поверхностей. В примере **2** (см. рисунок 2.10, б) – плоскости, проходящие через образующие касательно цилиндрической поверхности или через ось наружной цилиндрической поверхности заготовки.

5) В соответствии с условием **2** плоскости, отмеченные знаком **Н**, совмещают с измерительными базами. Такие плоскости у заготовок (см. рисунок 2.10) отмечены знаком **ТНБ**.

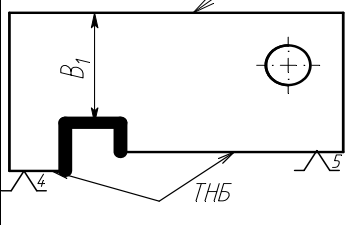
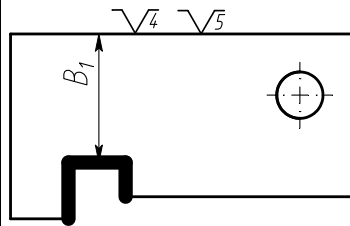
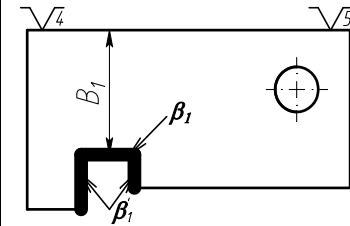
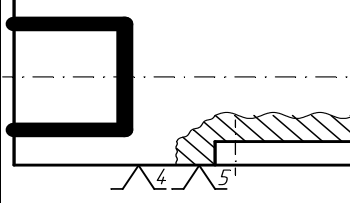
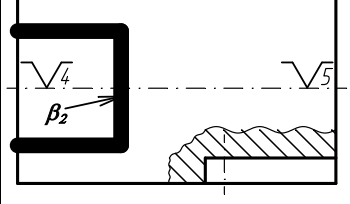
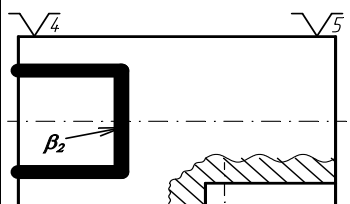
6) На выбранной технологической направляющей базе располагают опорные точки в соответствии с условием **3**.

Примеры и рекомендации расположения опорных точек для направляющей базы приведены в таблице 2.2.

7) В соответствии с условием **1** выбирают плоскости, наименьшие по размерам, которые используют в качестве технологических опорных баз (**ТОБ**). Такие элементы у заготовок (см. рисунок 2.10) отмечены знаком **О** (опорные поверхности).

8) В соответствии с условием **2** отмеченные знаком **О** плоскости совмещают с измерительными базами. Такие элементы отмечены знаком **ТОБ** (см. рисунок 2.10).

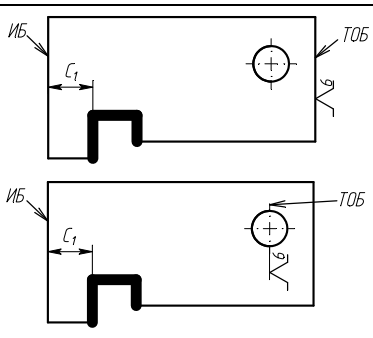
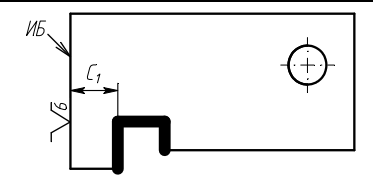
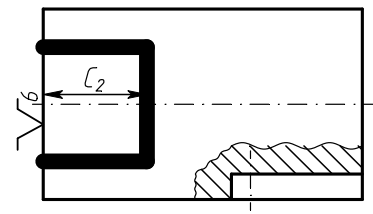
Таблица 2.2 – Расположение опорных точек (направляющая база)

Пример	Эскиз и расположение опорных точек	Оценка	Пояснение
1		Неправильно	При получении размера B_1 возникает погрешность несовмещения баз, так как измерительная база (ИБ) не совпадает с ТНБ , представленной точками 4 и 5
		Неправильно	Увеличивается погрешность установки, так как опорные точки 4 и 5 расположены очень близко друг к другу
		Правильно	Обеспечивается размер B_1 , а также параллельность β_1 (перпендикулярность β_1') поверхностей паза относительно ТНБ
2		Неправильно	Увеличивается погрешность установки, так как опорные точки 4 и 5 расположены близко друг от друга
		Правильно	Обеспечивается точность (перпендикулярность поверхности β_2 к образующей или к оси цилиндрической поверхности)
			

9) На выбранной технологической опорной базе располагают одну опорную точку.

Примеры и рекомендации расположения опорной точки приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Расположение опорной точки (опорная база)

Пример	Эскиз и расположение опорных точек	Оценка	Пояснение
1		Неправильно	При выдерживании размера C_1 возникает погрешность несовмещения баз, так как ИБ не совпадает с ТОБ , представленной опорной точкой б
		Правильно	Обеспечивается размер C_1 , так как технологическая база (опорная точка б) совмещена с измерительной базой
2		Правильно	Обеспечивается размер C_2 , так как технологическая база (опорная точка б) совмещена с измерительной базой и исключена погрешность несовмещения баз

На рисунке 2.11 представлены полные схемы базирования по рассмотренным примерам.

2.5 Анализ схем базирования

Технологу в работе приходится самому разрабатывать схемы базирования или рассматривать уже составленные (рисунок 2.11). Для лучшего усвоения и правильного решения таких задач предлагается следующая методика.

Решая, какой степени свободы лишает каждая опорная точка, для чего она нужна, что обеспечивает, принимаем следующие правила:

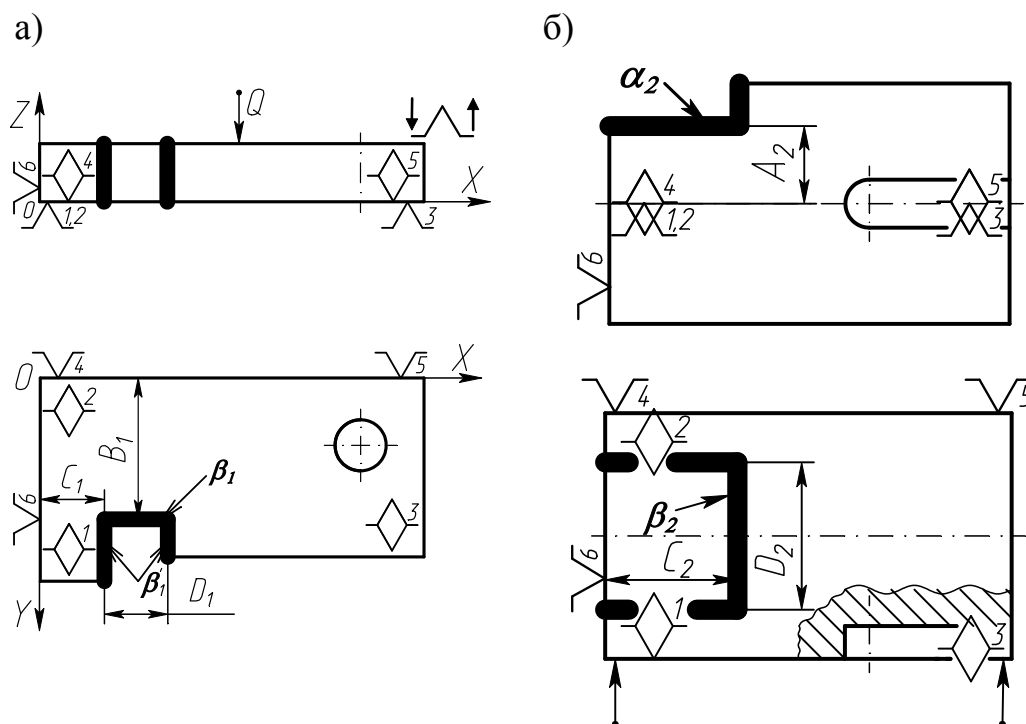


Рисунок 2.11

Правило 1. Исследуемую (рассматриваемую) опорную точку перемещают в направлении её угла (направление перемещения показано стрелками).

Правило 2. Опорная точка, которую рассматривают первой на технологической базе, лишает заготовку перемещения вдоль координатной оси, остальные точки считаются отсутствующими.

Правило 3. При исследовании последующих опорных точек предыдущие точки считаются неподвижными.

Анализ схемы базирования рассмотрен на примере 1 (см. рисунки 2.10, а и 2.11, а).

Исследуем опорную точку 1. Опорную точку 1 мысленно перемещаем в направлении угла, точка перемещает заготовку (см. рисунок 2.11, а), а соответственно лишает степени её свободы в направлении оси Z и обеспечивает положение заготовки относительно режущего инструмента, то есть в зоне его работы.

Исследуем опорную точку 2. Опорную точку 2 мысленно перемещаем в направлении ее угла, точка поворачивает заготовку, а следовательно, лишает степени её свободы вокруг точки 1 или вокруг оси, параллельной оси OX , и обеспечивает перпендикулярность поверхности β_1 относительно установочной базы.

Исследуем опорную точку **3**. Опорную точку **3** мысленно перемещаем в направлении её угла, точка поворачивает заготовку, а следовательно, лишает степени её свободы вокруг оси, проходящей через точки **1** и **2**, то есть вокруг оси, параллельной оси **OU**, и обеспечивает перпендикулярность поверхностей β_1' относительно установочной базы.

Исследуем опорную точку **4**. Опорную точку **4** мысленно перемещаем в направлении её угла, точка перемещает заготовку, а следовательно, лишает степени её свободы вдоль оси **У**, и обеспечивает размер **B₁**.

Исследуем опорную точку **5**. Опорную точку **5** мысленно перемещаем в направлении её угла. Точка поворачивает заготовку, а следовательно, и лишает степени её свободы вокруг точки **4**, то есть вокруг оси, параллельной оси **OZ**, и обеспечивает параллельность поверхности β_1 , относительно направляющей базы или перпендикулярность поверхностей β_1' относительно этой же направляющей базы.

Исследуем опорную точку **6**. Опорную точку **6** мысленно перемещаем в направлении её угла. Точка перемещает заготовку, а следовательно, лишает степени её свободы вдоль оси **X** и обеспечивает размер **C₁**.

В результате исследования выясняется необходимость каждой опорной точки и для каких целей она необходима при механической обработке соответствующих поверхностей.

2.6 Элементы, их параметры и связи

Любая деталь имеет много различных элементов. Ими могут быть плоскости, цилиндры, фасонные поверхности, линии, точки.

У каждого элемента есть свои параметры и связи.

Параметры свойственны только элементу. Они говорят о его размерах и отклонениях, о форме, шероховатости, твердости и о ряде других качеств.

Связи характеризуют то, как данный элемент расположен на детали. Они задаются размерами до других поверхностей, линий и точек и требованиями к взаимному положению. Требования положения иногда на чертеже непосредственно не показаны, но они все же есть. Допуски на размеры ограничивают и величину относительных поворотов. Конструктор же не всегда отражает на чертеже детали все требования.

Наибольшее внимание надо уделить связям. В результате их анализа отбирают материал, который служит основой выбора системы базирования и правильного выбора технологических баз.

Связи (размеры или требования расположения) бывают трёх видов:

- 1) между элементами (поверхностями), не подлежащими обработке;
- 2) между обрабатываемыми элементами (поверхностями);

3) смешанные связи (между необрабатываемыми и механически обрабатываемыми поверхностями).

Первый вид связей обеспечивают в заготовительных цехах.

Второй вид связей наиболее труден как при разработке технологического процесса, так и при его осуществлении, что объясняется высокой точностью и большим числом рассматриваемых вариантов.

Смешанные связи не отличаются высокой точностью, но вносят своеобразие в технологический процесс. При анализе чертежей встречается не только двукратная, но трёх- и даже семикратная привязка обрабатываемых поверхностей к необрабатываемым в одном координатном направлении. При таком задании размеров будет получен брак, заложенный конструктором.

Технолог должен тщательно выявить все смешанные связи. Если выяснится, что есть более чем однократные привязки, надо обратиться к конструкторам с требованием привести чертёж в соответствие с положениями ЕСКД. Ведь в ГОСТ 2.307-68 есть пункт, излагающий следующее: *«При выполнении рабочих чертежей деталей, изготовляемых отливкой, штамповкой, ковкой или прокаткой с последующей механической обработкой части поверхностей деталей, указывают не более одного размера по каждому координатному направлению, связывающего механически обрабатываемые поверхности с поверхностями, не подвергаемыми механической обработке»*. Исправить ошибки можно введением дополнительной обработки или излишние связи перевести из третьего вида в первый.

Например, на рисунке 2.12 три необрабатываемые поверхности обозначены знаками шероховатости; поверхности, подлежащие механической обработке, знаками шероховатости не обозначены. Если конструктор поставил размеры **20**, **30**, **40**, как на рисунке 2.12, *а*, то в процессе механической обработки нижней поверхности заготовки будет получен брак по двум размерам.

При получении размера **30** размеры **20** и **40** выйдут за пределы установленных допусков, так как три размера, заданные конструктором, должны иметь точность не грубее четырнадцатого качества. Учитывая, что размеры между необрабатываемыми поверхностями получают по 16-18-му качествам, то на остальных размерах (на размерах смешанных связей) будет появляться брак. В данном примере при любом варианте на двух размерах будет возникать брак. В примере (см. рисунок 2.12, *а*) не выполнено основное требование ГОСТ 2.307-68.

Правильное задание размеров конструктором показано на примере (см. рисунок 2.12, *б*). Размер **40*** является справочным, габаритным и не является обязательным, точным.

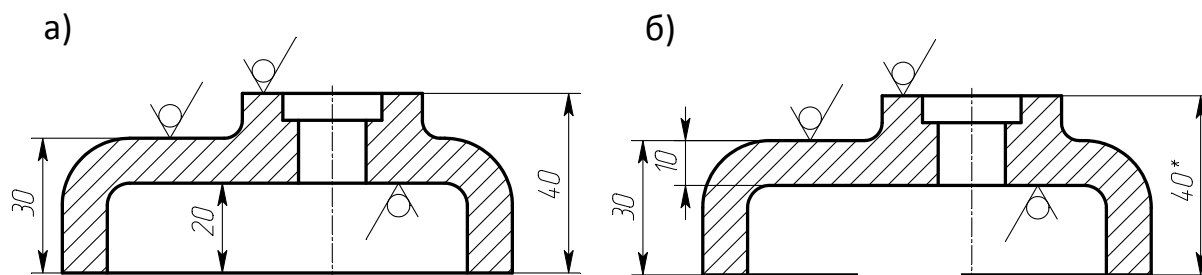


Рисунок 2.12

При разработке технологического процесса требуемое взаимное положение смешанных связей обеспечивают ориентированием обрабатываемой поверхности относительно поверхности, не подлежащей механической обработке, и ни в коем случае не наоборот [25].

3 АНАЛИЗ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ ТОЧНОСТИ

3.1 Порядок отбора требований точности

В результате уже проведённой работы при анализе чертежа (анализе исходных данных) имеются требования точности взаимосвязанных элементов. В них вошли все без исключения поверхности, линии и точки детали. Нам надо отобрать те, точность связей в которых можно обеспечить лишь за счет системы базирования.

Рекомендуется следующий порядок действий:

- 1) исключить из рассмотрения все требования точности со связями первого вида;
- 2) выписать все требования точности со смешанными связями;
- 3) выписать те требования точности, на которые есть непосредственные указания конструктора. Делают это путём простой фиксации того, что есть на чертеже и в технических условиях, например: «отклонение от перпендикулярности поверхности **А** относительно поверхности **В** не более **0,1** на длине **100**», «радиальное биение поверхности **В** относительно поверхности **Г** не более **0,05**»;
- 4) включить те требования точности, в которых есть размеры-связи по 11-му и меньшему качеству (для труднодоступных и межосевых размеров могут быть взяты даже по 14-му качеству);
- 5) из анализа сборочных чертежей дополнить перечень новыми требованиями точности, важность которых вытекает из условий работы детали.

В результате проведенной работы составляют список отобранных требований точности. Вот пример такого списка для детали типа тела вращения, изображенной на рисунке 3.1.

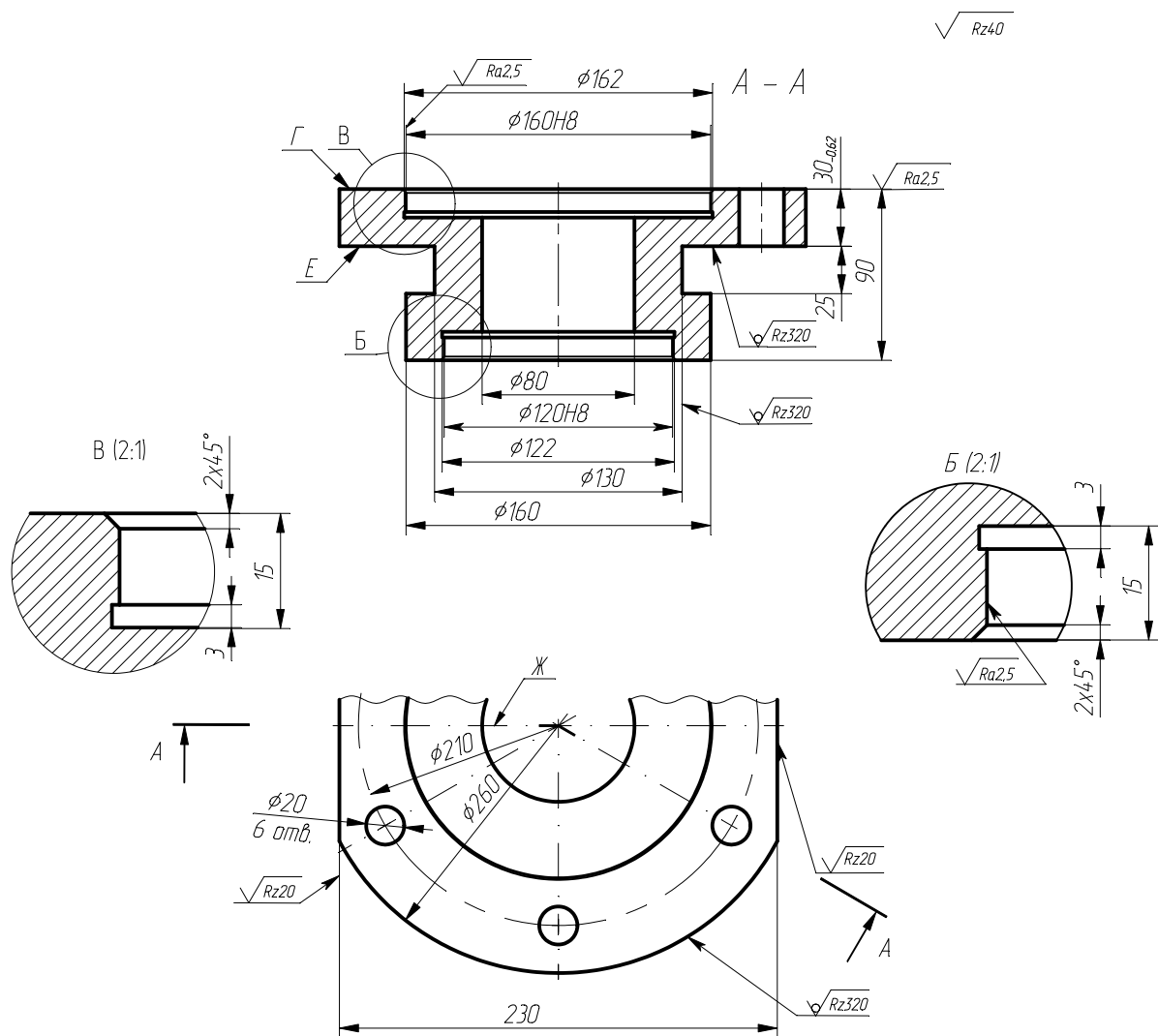


Рисунок 3.1

- 1) Поверхность **Е** (необрабатываемая) и обрабатываемая поверхность **Г**, между которыми задан размер **30** – $0,62$.
- 2) Обрабатываемые и необрабатываемые цилиндрические поверхности – несоосность не более **0,5**.
- 3) Выточки $\varnothing$ **160H8** и $\varnothing$ **120H8** – несоосность не более **0,03**.
- 4) Торец **Г** и ось выточек $\varnothing$ **160H8** и $\varnothing$ **120H8** – биение не более **0,05**.
- 5) Отклонение от симметричности оси $\varnothing$ **210** относительно оси отверстия $\varnothing$ **160H8** не более **0,2**.
- 6) Колебание диаметральных и окружных расстояний между осями отверстий $\varnothing$ **20** – не более **0,4**.
- 7) Плоскости (размер **230**) и ось **Ж** симметрии отверстий – отклонение от перпендикулярности не более $\pm 0^{\circ}25'$.

Пример списка для корпусной детали, изображенной на рисунке 3.2.

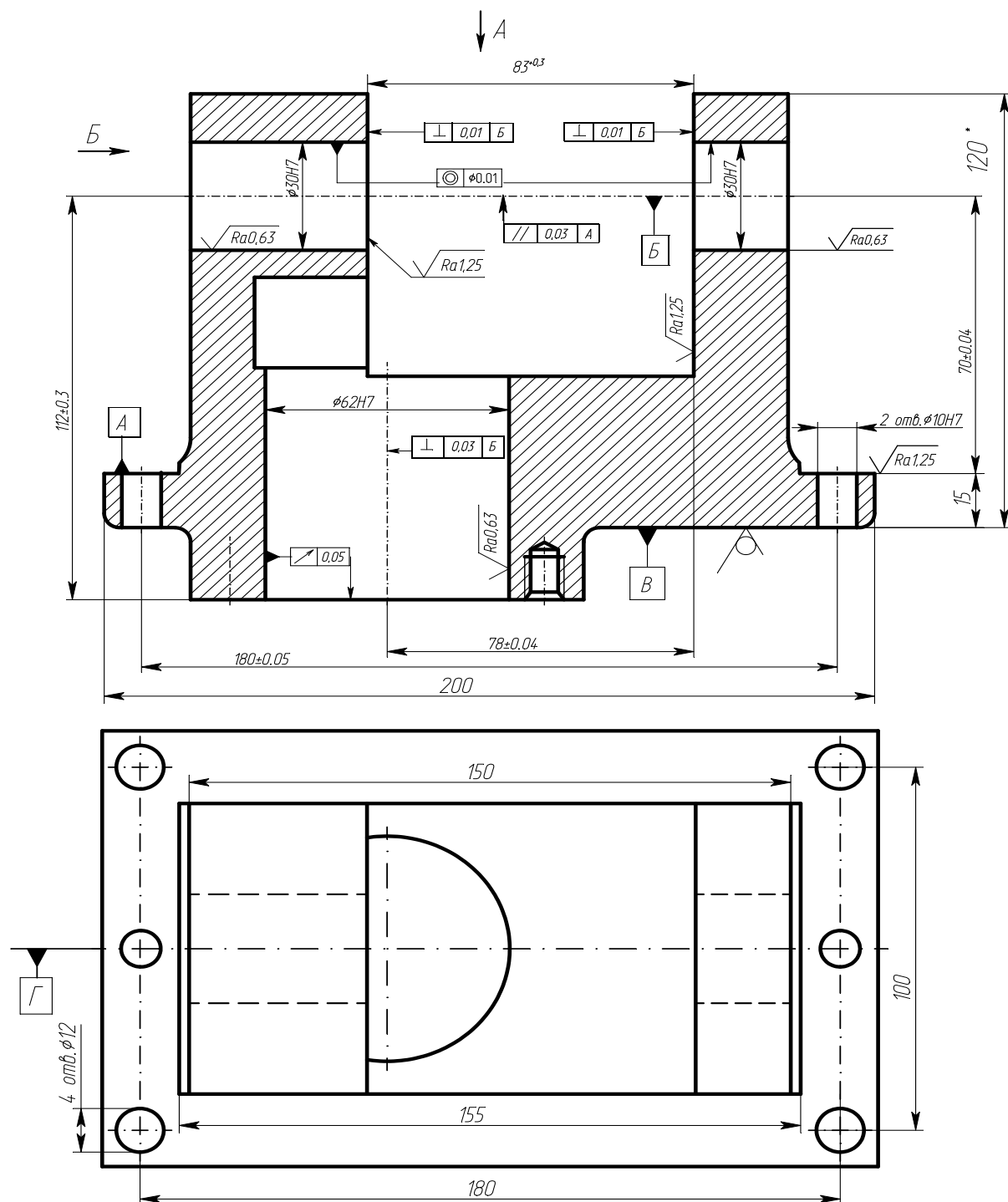


Рисунок 3.2

- 1) Поверхность **В** (необрабатываемая) и размер **15** – смешанная связь.
- 2) Точные вспомогательные базы – два отверстия $\varnothing 30H7$ – отклонение от соосности не более **0,01**.
- 3) Точные основные базы корпуса – два отверстия $\varnothing 10H7$.

- 4) Торец и отверстие $\varnothing 62H7$ – биение не более $0,05$.
- 5) Отверстие $\varnothing 62H7$ относительно отверстий $\varnothing 30H7$ – отклонение от перпендикулярности не более $0,03$.
- 6) Два отверстия $\varnothing 30H7$ относительно основных поверхностей **A** – точный размер $70 \pm 0,04$.
- 7) Два отверстия $\varnothing 30H7$ относительно основных поверхностей **A** – отклонение от параллельности не более $0,03$.
- 8) Расположение двух основных отверстий $\varnothing 10H7$ – размер $180 \pm 0,05$.
- 9) Поверхности паза шириной $83^{+0,3}$ относительно отверстий $\varnothing 30H7$ – отклонение от перпендикулярности не более $0,01$.
- 10) Поверхность паза относительно оси отверстия $\varnothing 62H7$ – размер $78 \pm 0,04$.

3.2 Основные положения методики

Анализ обеспечения требований точности проводят предложением возможных вариантов, их сравнением, выполнением расчётов и отбором наилучшего.

Дальнейшую работу проводят с отобранным перечнем точных размеров и требований точности. Основные положения методики, предлагаемой для выбора технологических баз, сводятся к следующему:

1) Первоначально выбор технологических баз обосновывают для каждого размера или технического требования в отдельности.

2) Порядок, в котором будут взяты размеры и требования точности для анализа, существенной роли не играет. Но лучше придерживаться определенной последовательности, диктуемой следующими соображениями.

Любая исходная заготовка состоит из черных поверхностей, которые могут служить базами лишь в начале технологического процесса. Создание достаточно надежных баз для обработки и получения детали в целом – одна из важнейших задач технолога (вспомните о принципе постоянства баз, об особой роли первой операции).

Отсюда вывод, что целесообразнее начать анализ с размеров и требований точности, в которых есть «кандидаты» в базы, пригодные для выполнения этой роли.

Это, прежде всего, поверхности с наибольшими габаритами и поверхности, от которых задано наибольшее число размеров. На первой операции в качестве технологических баз принимают необрабатываемые поверхности, от которых заданы размеры до обрабатываемых поверхностей (обеспечение смешанных связей).

3) Рассматривают только чистовую обработку, так как она обеспечивает точность связей: точность размеров и требований расположения.

4) Если размер или требование расположения связывают необрабатываемую поверхность с обрабатываемой, то необрабатываемую поверхность принимают за технологическую базу.

5) Если размер или требование расположения состоит только из поверхностей, подлежащих обработке (например, поверхностей **А** и **Б**), то должны быть рассмотрены как минимум четыре варианта:

Вариант I. Обработка в одной операции за одну установку поверхностей **А** и **Б** (см. рисунок 3.2). Решить, какие поверхности выбрать за технологические базы.

Вариант II. Сначала обрабатывают поверхность **А** окончательно (решить, при каком базировании), затем – поверхность **Б** окончательно с базированием по поверхности **А**.

Вариант III. Сначала обрабатывают поверхность **Б** окончательно (решить, при каком базировании), затем – поверхность **А** окончательно с базированием по поверхности **Б**.

Вариант IV. Обрабатывают поверхность **А** окончательно на одной операции с базированием по принципу постоянства баз. В другой операции обрабатывают поверхность **Б** окончательно с базированием на эти же поверхности.

Каждый из вариантов оценивают с точек зрения возможности достижения точности и надёжности баз при обработке всех поверхностей требований расположения.

Кроме предложенных вариантов возможны и другие, комбинированные из предложенных четырёх вариантов.

6) По мере накопления рассмотренных требований точности надо периодически сопоставлять результаты анализа для того, чтобы найти наилучшие поверхности для использования в качестве технологических баз на большинстве операций.

Практика показывает, что согласование целесообразно делать в ходе работы, а не после того, как рассмотрены все требования точности чертежа.

7) Если обнаруживается несовмещение технологической базы с измерительной, то надо перенести технологическую базу к измерительной или рассчитать требуемые технологические размеры. Расчёт технологических размеров возможен, но нежелателен, так как в несколько раз повышает точность связей.

8) При разработке системы базирования надо помнить о том, что назначаемые базы должны обеспечивать полную безопасность изготовления детали.

9) Результаты работы фиксируют на эскизах с показом обрабатываемых поверхностей линиями, увеличенными по толщине в два-три раза [37; 57; 59; 60; 69; 70], а для технологических баз рекомендуется система условных обозначений (см. рисунки 2.2 – 2.3).

3.3 Пример разработки системы базирования (для детали типа тела вращения)

Применим рассмотренную методику к детали типа тела вращения (см. рисунок 3.1). Перечень требований точности для такой детали уже есть.

Сначала рассматривают смешанные связи, то есть требования расположения с необрабатываемыми поверхностями. Таких связей две. Технологической установочной базой для получения первой смешанной связи необходимо выбрать поверхность **Е** (размер $30_{-0,62}$). Такое решение вытекает непосредственно из рекомендаций, рассмотренных в подразделе 3.2.

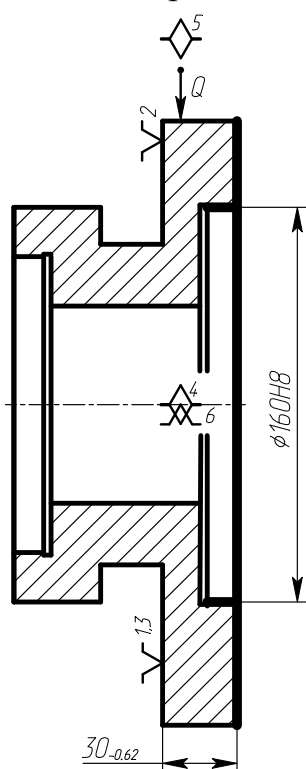


Рисунок 3.3

Со вторым требованием точности несколько сложнее. Ведь у нас две необрабатываемые цилиндрические поверхности: $\varnothing 260$ и $\varnothing 130$. Между собой они согласованы – это сделали изготовители. Но какую из них взять нам? Останавливаемся на $\varnothing 260$ как на более доступной. Такая установка делает возможной обработку большинства внутренних поверхностей.

Согласование обрабатываемых поверхностей с необрабатываемыми поверхностями закончено, базовые поверхности выбраны, и можно составить схему базирования (рисунок 3.3). В соответствии с рекомендациями подраздела 3.2 установочной базой будет поверхность **Е** (опорные точки **1, 2, 3**), направляющей – плоскость, проходящая через ось $\varnothing 260$ (опорные точки **4, 5**), и опорной – плоскость, перпендикулярная последней и проходящая также через ось $\varnothing 260$ (опорная точка **6**).

Рассматриваем третье требование точности – несоосность выточек $\varnothing 160H8$ и $\varnothing 120H8$ не более $0,03$. Так как их обрабатывают обе, то, следуя рекомендации, изложенной в подразделе 3.2, ставим себе вопрос: можно ли их выполнить за одну установку? Оказывается можно, если заготовку установить, как на рисунке 3.3. При работе по этой схеме нужен специальный станок или специальное приспособление и инструмент для обработки поверхности $\varnothing 120H8$ со стороны $\varnothing 160H8$. Применим станок или нет, зависит, прежде всего, от объема выпуска. Он должен быть достаточным для того, чтобы окупить значительные первоначальные затраты. В своих рассуждениях будем исходить из того, что в наших условиях применить специальный станок нерационально (мал объем выпуска), а использование приспособления и инструмента снижает режимы резания (уменьшена жесткость).

При втором варианте вначале обрабатываем выточку $\varnothing 160H8$, а затем выточку $\varnothing 120H8$, базирясь на $\varnothing 160H8$. В этом случае последовательность обработки согласовывается с обеспеченными уже требованиями точности 1 и 2. Однако выточку $\varnothing 160H8$ использовать в качестве установочной базы не имеет смысла (рисунок 3.4) ввиду малой протяженности (всего 12 мм). Поэтому в качестве установочной базы лучше всего выбрать поверхность Г.

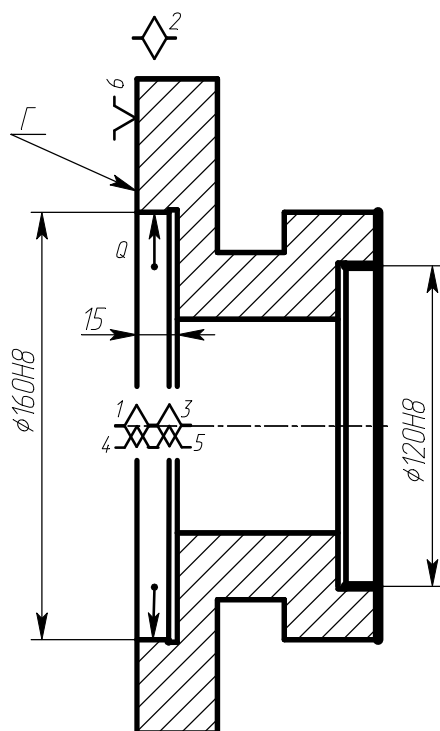


Рисунок 3.4

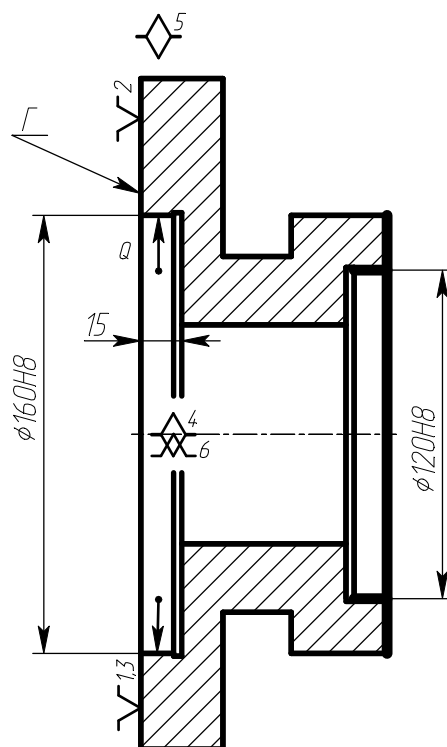


Рисунок 3.5

В третьем варианте предполагаем обработать выточку $\varnothing 120H8$, а затем выточку $\varnothing 160H8$ с базированием по $\varnothing 120H8$. Такой порядок обработки не согласуется с ранее обеспеченными требованиями точности и, кроме того, торец со стороны выточки $\varnothing 120H8$ меньше поверхности Г. Поэтому обработка по третьему варианту обеспечивает меньшую точность, чем по второму, и других преимуществ нет.

Использовать принцип постоянства баз (4-й вариант в подразделе 3.2) для данного требования точности не удаётся: необходимых базовых поверхностей пока нет.

Таким образом, для обеспечения третьего требования точности лучшим будет второй вариант, схема базирования которого показана на рисунке 3.5. По рекомендациям выбора технологических баз (условия 1-4) установочной базой будет поверхность Г (опорные точки 1, 2, 3), направляющей – плоскость, проходящая через ось $\varnothing 160H8$ (опорные точки 4, 5),

и опорной – плоскость, перпендикулярная последней и установочной базе, проходящая также через ось $\varnothing 160H8$ (опорная точка 6).

Переходим к следующему 4-му требованию точности – торцовое биение поверхности Γ относительно выточек $\varnothing 160H8$ и $\varnothing 120H8$ не более $0,05$. Оказывается, что его точность уже обеспечена, так как мы вынуждены были использовать этот торец в качестве базы при создании выточки $\varnothing 120H8$, а сам он обработан за одну установку с $\varnothing 160H8$.

Очередное пятое требование точности содержит требование о согласовании окружных отверстий с центральным отверстием $\varnothing 160H8$. Вопрос об одной установке отпадает. Ведь необходимы различные методы обработки: для $\varnothing 160H8$ – растачивание, для $\varnothing 20$ – сверление на окружном диаметре ($\varnothing 210$).

Заслуживает внимание вариант второй: сначала обработать выточку $\varnothing 160H8$, а затем, базируясь на неё, обработать отверстия $\varnothing 20$. Этот вариант уже обеспечивает согласование выточки $\varnothing 160H8$ относительно необрабатываемых поверхностей и более высокую точность пятого требования точности, так как при обработке отверстий $\varnothing 20$ в качестве базовой используют точную выточку $\varnothing 160H8$.

Следует отвергнуть вариант третий, при котором сначала обрабатывают отверстия $\varnothing 20$, а затем, с базированием по ним, выточку $\varnothing 160H8$. Доводов для такого решения вполне достаточно. Например, ориентировать заготовку по неточным маленьким отверстиям ($\varnothing 20$) труднее, чем по точному большому отверстию ($\varnothing 160H8$).

Принцип «постоянства баз» (вариант четвёртый) требует обработки рассматриваемых поверхностей от одних баз. В данном случае такими поверхностями могут быть выточка $\varnothing 120H8$ и прилегающий к ней торец. Использовать эти базовые поверхности при обработке выточки $\varnothing 160H8$ нельзя (причины рассмотрены при обеспечении третьего требования точности), но можно при обработке отверстий $\varnothing 20$.

Следовательно, последовательность обработки будет такой: сначала $\varnothing 160H8$, а затем шесть отверстий $\varnothing 20$. При этом возможны две схемы базирования. На рисунке 3.6, а в качестве базовых поверхностей использована выточка $\varnothing 160H8$ и прилегающий торец, на рисунке 3.6, б – выточка $\varnothing 120H8$ и прилегающий торец.

Схема базирования (см. рисунок 3.6, а) может быть реализована различными путями: накладным кондуктором, который базируют по обработанным поверхностям заготовки; скальчатым кондуктором, кондукторная плита которого ориентирует окончательно заготовку по выточке $\varnothing 160H8$ и торцу Γ .

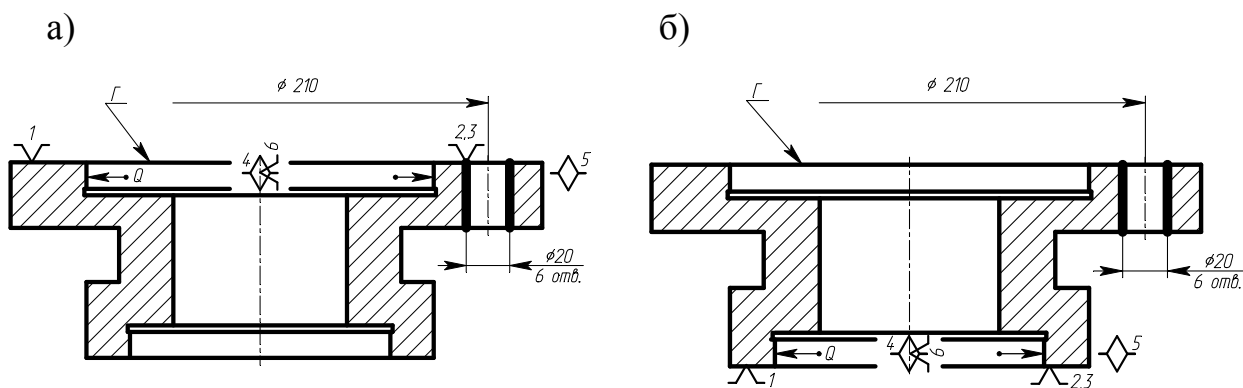


Рисунок 3.6

В варианте (см. рисунок 3.6, б) применяют или многошпиндельную сверлильную головку, или делительное приспособление, или многошпиндельный сверлильный станок. В этом варианте малые отверстия согласовываются с выточкой $\varnothing 120H8$, а не непосредственно с $\varnothing 160H8$, как указано в требовании точности.

Конкурентоспособные варианты иногда окончательно выбирают после расчетов на производительность и экономическую целесообразность.

Очередное шестое требование точности – шесть отверстий $\varnothing 20$ с требованиями их взаимного расположения. Специальных решений для него принимать не надо, так как достаточны те же приёмы, что и для предыдущего требования точности.

И, наконец, последнее в перечне – отклонение от перпендикулярности плоскостей к оси симметрии отверстий $\varnothing 20$.

Рассуждаем по уже знакомой схеме.

Обработать за одну установку нерационально (необходимо специальное оборудование).

Если сначала получить плоскости, то усложнится базирование при сверлении шести отверстий $\varnothing 20$. Одну из поверхностей (размер 230) надо будет использовать как базу. Учитывая значительные допуски на размер 230, это сделать не просто. Необходимы специальные устройства, обеспечивающие поворот заготовки и точность установки для реализации опорной точки 5.

Лучшим вариантом является обработка сначала отверстий $\varnothing 20$, а затем плоскостей с базированием по отверстиям для обеспечения взаимного положения. Установочной базой лучше всего выбрать поверхность Г (см. рисунок 3.1), а взаимное положение рассматриваемого требования точности можно обеспечить различными схемами.

В качестве базовых поверхностей можно использовать или выточку $\varnothing 160H8$ и одно из отверстий $\varnothing 20$, или два отверстия $\varnothing 20$, диаметрально противоположные, или после обработки одной поверхности брать её за базу при обработке второй и выдерживании размера 230. Последний вариант

нецелесообразен тем, что потребует различных приспособлений. Наиболее простым будет вариант с установкой заготовки двумя отверстиями $\varnothing 20$. Схема базирования, обеспечивающая рассматриваемое требование точности, показана на рисунке 3.7.

В качестве установочных пальцев могут быть использованы постоянные – один цилиндрический, а другой ромбический (срезанный) или оба выдвижные конические.

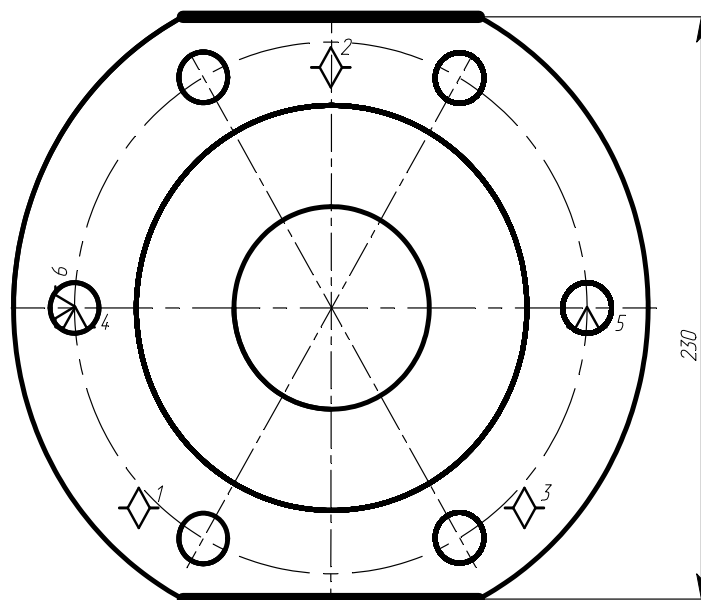


Рисунок 3.7

Обработку плоскостей целесообразно производить в одну операцию либо с переустановкой заготовки, либо с поворотом, либо двумя фрезами. Уточнение обосновывают расчётами на производительность и экономическую целесообразность приспособлений различных вариантов.

Проведённым анализом установлены система базирования по операциям и последовательность обработки при обеспечении требований точности. Обработка может производиться и по стадиям: черновая, получистовая, чистовая, но последовательность в стадиях должна сохраняться:

1) Обработка поверхности **Г** и выточки $\varnothing 160H8$ – схема базирования (см. рисунок 3.3).

2) Обработка выточки $\varnothing 120H8$ и прилегающего торца – схема базирования (см. рисунок 3.5).

3) Сверление отверстий $\varnothing 20$ – схема базирования (см. рисунок 3.6, а).

4) Обработка поверхностей в размер **230** – схема базирования (см. рисунок 3.7).

Принятые решения – закон при дальнейшей разработке технологического процесса.

3.4 Пример разработки системы базирования (для детали типа «корпус»)

Применим рассмотренную методику к детали типа «корпус» (см. рисунок 3.2). Перечень требований точности для такой детали уже есть.

Сначала рассматривают смешанные связи, то есть требования точности с необрабатываемыми поверхностями. Технологической установочной базой для получения смешанной связи (размера **15**) необходимо выбрать поверхность **В**. Такое решение вытекает непосредственно из рекомендаций, рассмотренных выше.

Ответственным этапом является выбор технологических баз для размеров и требований расположения между поверхностями, подвергаемыми механической обработке (особенно для точных размеров и требований положения). Речь идёт о размерных точностных связях между основными и вспомогательными базами, между вспомогательными базами, между вспомогательными базами и исполнительными поверхностями детали.

В детали «корпус» ответственными размерными связями между основными поверхностями **А** и вспомогательными поверхностями **Б** (два отверстия $\varnothing 30H7$) являются размер $70 \pm 0,04$ и требование расположения поверхностей «Отклонение от параллельности оси отверстий $\varnothing 30H7$ относительно поверхностей **А** не более $0,03$ мм».

Ниже рассмотрена методика обоснования выбора технологических баз на основе анализа различных вариантов базирования с использованием принципов совмещения и постоянства баз.

Вначале необходимо разработать операционный эскиз. На этом эскизе необходимо выделить поверхности (утолщёнными линиями на всех проекциях), между которыми заданы точный размер и требования положения. На эскизе указывают только рассматриваемые размеры и требования положения и размеры связи этих поверхностей с другими поверхностями. Излишних размеров надо избегать, показывают только окончательную финишную обработку.

Для обоснованного выбора технологических баз указанных размерных связей рассматривают как минимум четыре варианта. Каждый из вариантов оценивают с точки зрения возможности достижения точности размеров, точности расположения поверхностей и надёжности баз при обработке данных поверхностей.

На эскизе (рисунок 3.8) обрабатываемые поверхности **А** и **Б** выделены утолщёнными линиями и между ними проставлены размерные связи (размер $70 \pm 0,04$ и отклонение от параллельности $0,03$). В этом случае схема базирования, указываемая специальными опорными точками (см. рисунок 2.3), не требуется.

Вариант I. Обработка поверхностей заданного размера или требования точности за один установ в одной операции. При этом очевидно, что точность рассматриваемых параметров не зависит от выбора базовых поверхностей (от базирования), а зависит от точности применяемого станка, его настройки, точности режущего инструмента и способа механической обработки.

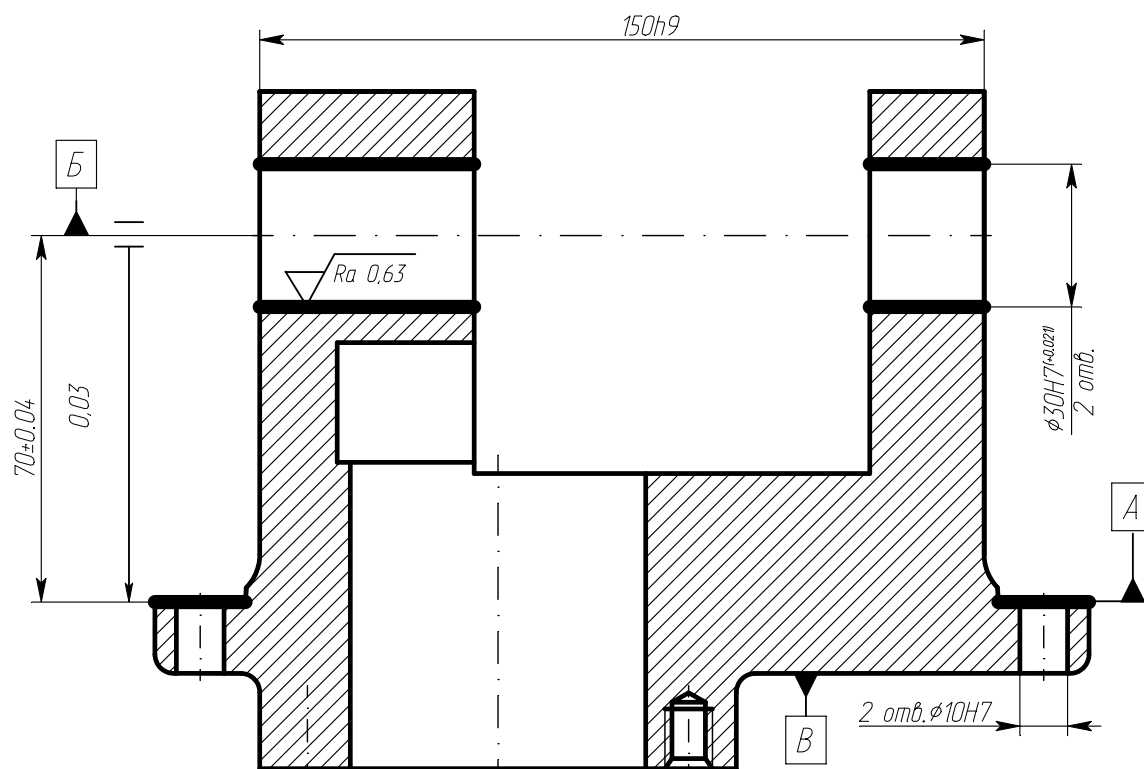


Рисунок 3.8

Если станок можно настроить на выполнение такой операции, то решение о выборе технологических баз для данного размера или требования расположения отпадает.

Если же для исполнения данной операции выбрать станок не получается, то вариант не исполним, и надо рассматривать следующие варианты.

Вариант II. Обработка поверхностей, связанных размером или требованием расположения по принципу совмещения (единства) баз.

Принцип совмещения (единства) баз – это принцип, при котором в качестве технологических баз принимают поверхности, являющиеся конструкторскими (измерительными) базами для рассматриваемого размера или требования положения. Принцип совмещения баз позволяет исключить погрешность от несовмещения баз. Невыполнение этого принципа приводит к браку при механической обработке или к расчёту технологических, более точных размеров, чем точность размеров, заданных конструктором.

При втором варианте сначала обрабатывают поверхности **А** окончательно (решить при каком базировании), затем обрабатывают поверхности **Б** окончательно с базированием по поверхностям **А**.

Поверхности **А** и **Б** требований точности взаимосвязаны размером положения и требованием положения. Окончательную точность таких требований в этом случае обеспечивают на последней операции, когда поверхности требования, например, поверхностей **Б** окончательно обрабатывают при базировании на окончательно обработанные другие поверхности рассматриваемого требования – поверхности **А**. Поверхности **А** принимают в качестве установочной технологической базы и таким образом совмещают эту базу с конструкторской (измерительной) базой для поверхностей **Б** (двух отверстий Ø30 мм).

В данном варианте необходимо оценить поверхности **А** как базовые, то есть определить точность ориентации при установке партии заготовок на настроенном станке и сравнить с точностью ориентации по другим вариантам.

Следует оценить простоту и удобство использования этих поверхностей в качестве технологической базы для установки заготовок в приспособлении на станке.

Последовательность анализа:

1) Написать формулировки рассматриваемых параметров точности, точность размеров положения и точность требований расположения поверхностей.

2) Выполнить эскиз заготовки для обработки поверхностей **Б**, так как точность рассматриваемых требований зависит только от этой операции (рисунок 3.9).

3) Выделить поверхности **Б** утолщёнными линиями на эскизе. На эскизе обозначить рассматриваемые требования точности.

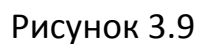
4) Поверхности **А** принять как базовые и разместить на этих поверхностях наибольшее число опорных точек в соответствии с правилом шести точек. На плоской поверхности размещают три опорные точки, на цилиндрической протяжённой поверхности – четыре опорные точки.

5) Выбрать поверхности для размещения остальных опорных точек с учётом поверхностей, заданных размеров, и требований чертежа. Нанести опорные точки на эти поверхности (направляющая и опорная базы).

6) Нанести на эскиз систему координат, используя для этого выбранные технологические базы.

7) Решить, какой степени свободы у заготовки лишает каждая опорная точка в данной системе координат.

8) Решить, что обеспечивает (для каких целей нужна) каждая опорная точка при обработке поверхностей **Б**.



Оценку точности базовых поверхностей выполняют сокращённой записью вида:

$$c = \Delta$$

$$tg\alpha = \Delta / L_1$$

$m. 3 \cup Y и \Leftrightarrow // B A $	$tg\beta = \Delta / L_2$
$m. 4 \rightarrow Z и \Leftrightarrow \leftarrow 0 \rightarrow$	$b = \Delta$
$m. 5 \cup Z и \Leftrightarrow // B \Gamma $	$tg\gamma = \Delta / L_3$
$m. 6 \rightarrow X и \Leftrightarrow)—($	$a = \Delta.$

Условные обозначения: « *m. 1* » – базовая опорная точка один; « $\rightarrow Z$ » – лишает заготовку одной степени свободы от смещения в направлении оси *Z*; « $\cup X$ » – лишает заготовку одной степени свободы от поворота вокруг координатной оси *X*; « $\Leftrightarrow$ » – обеспечивает; « $\leftarrow 70 \rightarrow$ » – размер *70*; « $| // | B | A |$ » – требование расположения поверхностей (например, отклонение от параллельности оси отверстий *B* относительно базовых поверхностей *A*); « $)—($ » – установка заготовки в зоне обработки; *a*, *b*, *c* – соответственно координаты приращений по осям *X*, *Y*, *Z*; Δ – погрешность, возникающая на каждой базовой опорной точке; *tga*, *tgβ*, *tgγ* – соответственно тангенсы углов перекося заготовок вокруг осей *X*, *Y*, *Z*; *L*₁ – расстояние от базовой опорной точки *1* до базовой опорной точки *2*; *L*₂ – расстояние от линии, соединяющей базовые опорные точки *1* и *2* до базовой опорной точки *3*; *L*₃ – расстояние от базовой опорной точки *4* до базовой опорной точки *5*.

Пример анализа по варианту II

1) Обработка по принципу совмещения баз. Обрабатывают отверстия $\varnothing 30H7$ (ось отверстий *B*) с базированием по поверхностям *A*. Получают также размер $70 \pm 0,04$ и отклонение от параллельности оси *B* отверстий $\varnothing 30H7$ относительно поверхностей *A* не более $0,03$ мм.

2) Представлен эскиз заготовки (см. рисунок 3.9) для выполняемой технологической операции.

3) Обрабатываемые отверстия на эскизе выделены утолщёнными линиями.

4) На поверхностях *A* заготовки размещены три базовые опорные точки *1*, *2*, *3* на обеих проекциях эскиза. Технологическая установочная база, лишаящая трёх степеней свободы, выбрана.

5) В качестве технологической направляющей базы лучше всего выбрать основные отверстия – **2 отв. $\varnothing 10H7$** , так как отверстия $\varnothing 30H7$ должны быть ориентированы относительно названных отверстий. Направляющая база отмечена опорными точками *4* и *5* на обеих проекциях эскиза.

В качестве технологической опорной базы принята ось левого основного отверстия $\varnothing 10H7$. Технологическая опорная база отмечена опорной точкой *6* на обеих проекциях эскиза.

6) Система координат **X, Y, Z** нанесена по основным поверхностям **A** и по осям основных отверстий – **2 отв. Ø10H7** и отмечена на обеих проекциях эскиза.

7) Для решения вопроса о лишении степеней свободы у заготовки необходимо хорошо знать тему «Анализ схем базирования» и три **правила**. Результат решения в условной записи приведён ниже.

8) Чтобы ответить на вопросы: что обеспечивает и для чего нужна каждая базовая опорная точка, надо представить настроенный станок и режущий инструмент в положении обработки рассматриваемой поверхности. В нашем примере – режущий инструмент для обработки отверстий **Ø30H7**. Далее исследуют влияние любой опорной точки. Для этого, смещая опорную точку в направлении угла по стрелкам $\downarrow \wedge \uparrow$, наблюдаем за изменением положения заготовки относительно режущего инструмента.

Первая опорная точка на рассматриваемой технологической базе смещает заготовку в направлении стрелок. Вторая опорная точка на этой же базе при её смещении в направлении стрелок разворачивает заготовку относительно первой опорной точки и т.д.

В нашем примере базовая опорная точка **1** смещает заготовку в направлении оси **Z** и изменяет размер **70±0,04**, увеличивает этот размер при смещении опорной точки **1** вниз и уменьшает – при смещении опорной точки **1** вверх.

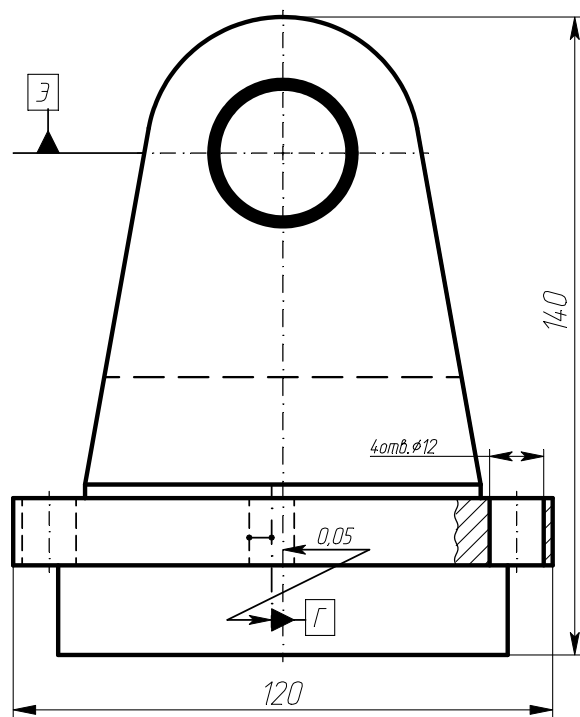


Рисунок 3.10

Вывод. Базовая опорная точка **1** исключает смещение заготовки по оси **Z** и обеспечивает выдерживание размера **70±0,04**. Базовая опорная точка **2** исключает поворот заготовки вокруг оси **X** и обеспечивает параллельность оси **Э** (рисунок 3.10) относительно поверхностей **A** (относительно технологической установочной базы – поверхностями, с которыми соприкасаются опорные точки и обеспечивают ориентацию обрабатываемой поверхности). Базовая опорная точка **3** исключает поворот заготовки вокруг оси **Y** и обеспечивает параллельность оси **В** отверстий **Ø30H7** относительно поверхностей **A**, то есть относительно технологической установочной базы.

Базовая опорная точка **4** исключает смещение заготовки в направлении оси **Y** и обеспечивает совмещение оси отверстий **Б** с осью **Г** основных базовых отверстий **Ø10H7** (см. рисунок 3.9, проекцию вид сверху). Базовая опорная точка **5** исключает поворот заготовки вокруг оси **Z** и обеспечивает параллельность оси **Б** относительно оси **Г**, то есть совмещение оси **Б** с осью **Г** по всей их протяженности, исключая перекос этих осей.

Базовая опорная точка **6** исключает смещение заготовки в направлении оси **X** и обеспечивает положение заготовки в зоне обработки, так как обрабатывают сквозные отверстия **Ø30H7** и точная ориентация заготовки в этом направлении не требуется.

9) Результаты анализа сведены ниже в условные обозначения и в краткую запись

<i>m.</i> 1 → Z	<i>c</i> = Δ
<i>m.</i> 2 ∪ X	<i>tga</i> = Δ / 120
<i>m.</i> 3 ∪ Y	<i>tgβ</i> = Δ / 200
<i>m.</i> 4 → Y	<i>b</i> = Δ
<i>m.</i> 5 ∪ Z	<i>tgγ</i> = Δ / 180
<i>m.</i> 6 → X	<i>a</i> = Δ.

Погрешности ориентации представлены в виде смещений на величину **Δ** по каждой базовой опорной точке и углами перекосов (тангенсами – один катет равен **Δ**, другой катет – расстояние между опорными точками).

Сложность конструкции приспособления средняя, так как установочная технологическая база расположена со стороны обрабатываемых отверстий **Ø30H7**.

Пример анализа по варианту III

1) Обработка поверхностей требования по принципу совмещения (единства) баз. Этот вариант, обратный варианту **II**. Сначала обрабатывают поверхности отверстий **Ø30H7** окончательно (решить, при каком базировании), затем обработка поверхностей **A** окончательно с базированием по оси **Б** двух отверстий **Ø30H7**. Получают также размер **70±0,04** и отклонение от параллельности поверхностей **A** относительно оси **Б** отверстий **Ø30H7** не более **0,03** мм.

В данном варианте необходимо оценить поверхности **Б** как технологические базы.

Последовательность анализа аналогична варианту **II**, только поверхности требований **A** и **Б** меняются местами.

2) Эскиз заготовки для выполняемой технологической операции представлен на рисунке 3.11.

3) Обрабатываемые поверхности **A** на эскизе выделены утолщёнными линиями.

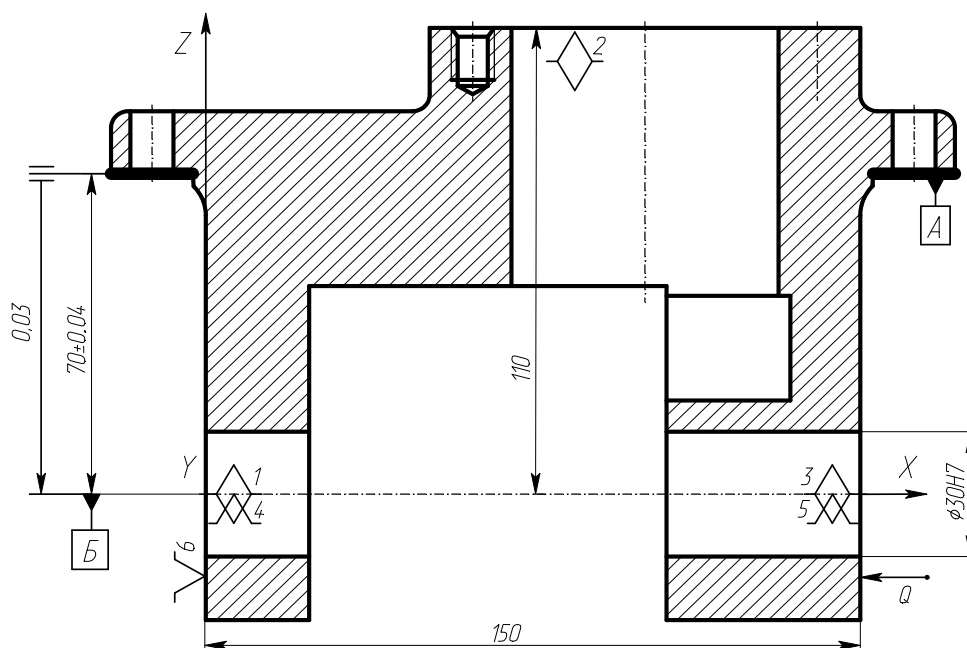


Рисунок 3.11

4) На поверхностях **Б** заготовки размещены четыре базовые опорные точки **1**, **3**, **4**, **5**. Базовая опорная точка **2** размещена в плоскости оси отверстия $\varnothing 62H7$. Таким образом, опорные точки **1**, **2**, **3** лежат в плоскости чертежа (в плоскости разреза чертежа) и представляют технологическую установочную базу. Технологическая установочная база, лишаящая заготовку трёх степеней свободы, выбрана.

5) В качестве технологической направляющей базы выбрана плоскость, проходящая через ось отверстий $\varnothing 30H7$, перпендикулярная установочной базе. Направляющая база, лишаящая заготовку двух степеней свободы, отмечена опорными точками **4** и **5**.

В качестве технологической опорной базы принята поверхность с левой стороны корпуса около отверстия $\varnothing 30H7$. Технологическая опорная база отмечена опорной точкой **6** на эскизе.

6) Система координат **X**, **Y**, **Z** нанесена по оси отверстий $\varnothing 30H7$ и поверхности с левой стороны корпуса, примыкающая к отверстию $\varnothing 30H7$. Система координат отмечена на эскизе.

7) Для решения вопроса о лишении степеней свободы у заготовки необходимо хорошо знать тему «Анализ схем базирования» и три **правила**. Результат решения в условной записи приведён ниже.

8) Анализ и выявление погрешностей для выполнения требований точности при принятых технологических базах и разработанной схеме базирования проведён в соответствии с методикой, изложенной в варианте II. Результаты анализа приведены в условной записи.

9) Результаты определения погрешностей ориентации при данном варианте базирования

$m. 1 \rightarrow Y$	и $\Leftrightarrow$	$)-($	$b = \Delta$
$m. 2 \cup X$	и $\Leftrightarrow$	$ \perp A UB $	$tga = \Delta/110$
$m. 3 \cup Z$	и $\Leftrightarrow$	$ \perp A UB $	$tg\gamma = \Delta/150$
$m. 4 \rightarrow Z$	и $\Leftrightarrow$	$\leftarrow 70 \rightarrow$	$c = \Delta$
$m. 5 \cup Y$	и $\Leftrightarrow$	$ // A B $	$tg\beta = \Delta/150$
$m. 6 \rightarrow X$	и $\Leftrightarrow$	$\leftarrow 2,5 \rightarrow$	$a = \Delta.$

Условные обозначения: **UB** – установочная база; $\perp$ – отклонение от перпендикулярности. Остальные условные обозначения аналогичны варианту II.

Вывод. Точность ориентации при данном варианте хуже, чем в варианте II, так как перекосы при установке заготовки tga , $tg\beta$, $tg\gamma$ больше. Данный вариант хуже по простоте и удобству установки заготовок в приспособление, требует более сложной его конструкции.

Пример анализа по варианту IV

Вариант IV. Обработку поверхностей рассматриваемого требования точности осуществляют по принципу постоянства баз.

Принцип постоянства баз – это принцип, при котором на различных операциях механической обработки и получении требуемой точности используют один и тот же комплект технологических баз. Преимущества: обеспечивает высокую точность положения поверхностей; простую и однообразную технологическую оснастку.

В данном примере обрабатывают поверхности **A** на одной технологической операции, а поверхности **B** обрабатывают в другой технологической операции, но с базированием в обеих операциях на одни и те же поверхности.

Окончательную точность требования в этом случае обеспечивают на двух операциях. На одной операции обеспечивают точность положения поверхностей **A** относительно выбранного комплекта технологических баз. На другой операции обеспечивают точность положения поверхностей **B** относительно того же комплекта технологических баз.

В данном варианте необходимо оценить выбранные поверхности в качестве технологических баз и определить точность ориентации заготовок по двум операциям, по операциям окончательной обработки поверхностей **A** и **B**. Сравнить погрешности, возникающие при данном варианте с другими вариантами.

1) Обрабатывают окончательно поверхности **A** с базированием по поверхностям **B** и **Г** в одной технологической операции. Обрабатывают окончательно поверхности **B** с базированием по **B** и **Г** в другой операции.

Обеспечивают размер $70 \pm 0,04$, отверстия $\varnothing 30H7$, отклонение от параллельности оси отверстий $\varnothing 30H7$ относительно поверхностей **A** не более $0,03$.

2) Эскиз одной технологической операции при окончательной обработке поверхностей **B** показан на рисунке 3.12. Эскиз другой технологической операции при окончательной обработке поверхностей **A** показан на рисунке 3.13.

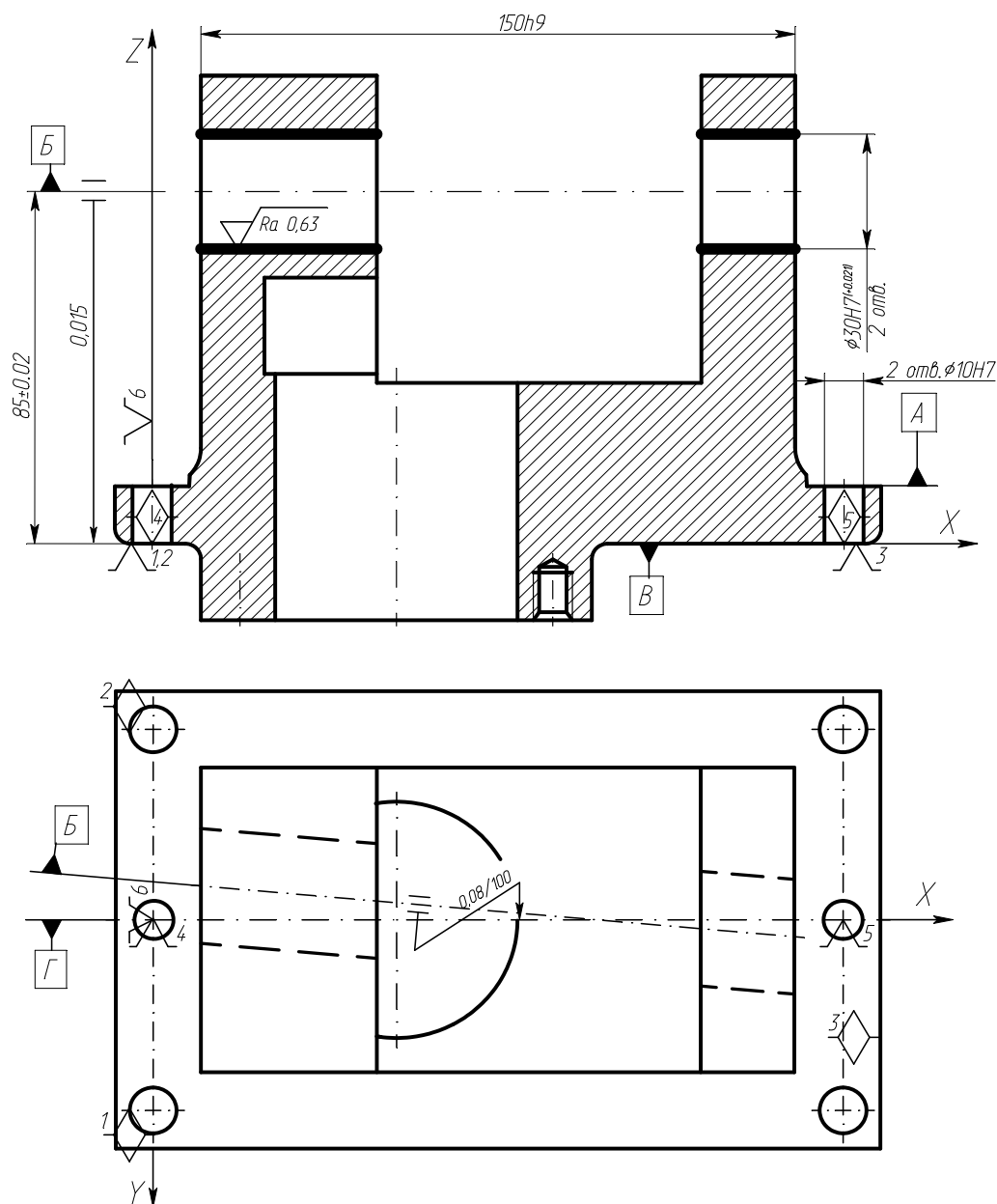


Рисунок 3.12

3) На эскизе (см. рисунок 3.12) обрабатываемые поверхности в этой технологической операции (два отверстия $\varnothing 30H7$) выделены толстыми линиями.

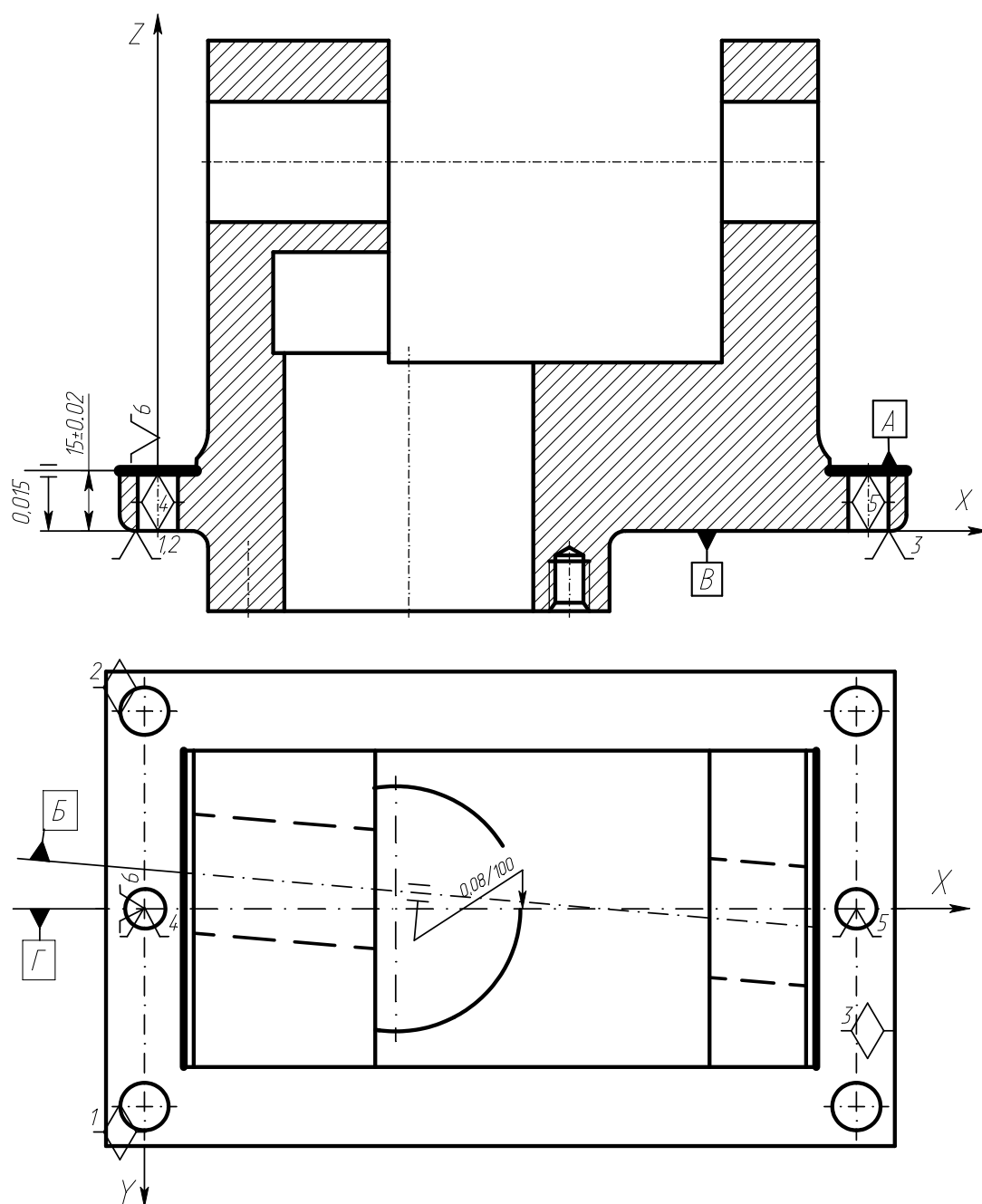


Рисунок 3.13

На эскизе (см. рисунок 3.13) обрабатываемые поверхности в другой технологической операции плоскости **A** с двух сторон заготовки выделены также толстыми линиями. Обрабатываемые поверхности с базовыми поверхностями связаны размерами и требованиями положения.

4) Для реализации принципа постоянства баз для данной детали наиболее удобными технологическими базами надо принять наибольшую по габаритным размерам поверхность **B** (установочная база), а два точных основных отверстия $\varnothing 10H7$ – за направляющую и опорную базы. Базовые

поверхности на обеих операциях будут одинаковыми. На установочной технологической базе по поверхности **В** размещены три опорные точки **1, 2, 3**. На направляющей технологической базе (ось двух отверстий $\varnothing 10H7$) размещены две опорные точки **4** и **5**. На опорной технологической базе (ось отверстия $\varnothing 10H7$) размещена одна базовая опорная точка **6**.

5) При выполнении принципа постоянства баз на предлагаемых операциях технологические размеры не совпадают с конструкторскими размерами. Технологические размеры рассчитывают, принимая конструкторские размеры и требования точности за исходные звенья. На эскизах указаны технологические размеры и требования точности: на эскизе (см. рисунок 3.12) – размер $85 \pm 0,02$ и отклонение от параллельности оси двух отверстий $\varnothing 10H7$ не более $0,015$ мм; на эскизе (см. рисунок 3.13) – размер $15 \pm 0,02$ и отклонение от параллельности оси двух отверстий $\varnothing 10H7$ не более $0,015$ мм.

6) Система координат **X, Y, Z** нанесена по поверхности **В** и по осям основных отверстий – **2 отв. $\varnothing 10H7$** и отмечена на обеих технологических операциях и на проекциях эскизов.

7) Анализ и выявление погрешностей для выполнения требований точности при принятых технологических базах и разработанной схеме базирования проведены в соответствии с методикой, изложенной в варианте II. Результаты анализа приведены в условной записи ниже.

8) Результаты определения погрешностей ориентации при данном варианте базирования на обеих операциях одинаковы.

$$\begin{array}{ll}
 \text{м. } 1 \rightarrow Z \text{ и } \Leftrightarrow \leftarrow 85 \rightarrow \text{ и } \leftarrow 15 \rightarrow & c_1 = c_2 = \Delta \\
 \text{м. } 2 \cup X \text{ и } \Leftrightarrow ||| \mid \text{ Э и А } |B| & \operatorname{tga}_1 = \operatorname{tga}_2 = \Delta / 120 \\
 \text{м. } 3 \cup Y \text{ и } \Leftrightarrow ||| \mid \text{ А и Б } |B| & \operatorname{tg}\beta_1 = \operatorname{tg}\beta_2 = \Delta / 200 \\
 \text{м. } 4 \rightarrow Y \text{ и } \Leftrightarrow \leftarrow 0 \rightarrow \text{ и })-(& b_1 = b_2 = \Delta \\
 \text{м. } 5 \cup Z \text{ и } \Leftrightarrow ||| \text{ и } \perp \mid \text{ В и А } |Г| & \operatorname{tg}\gamma_1 = \operatorname{tg}\gamma_2 = \Delta / 180 \\
 \text{м. } 6 \rightarrow X \text{ и } \Leftrightarrow)-(\text{ и } \leftarrow 12,5 \rightarrow & a_1 = a_2 = \Delta .
 \end{array}$$

Условные обозначения: **В** – установочная база; **Г** – направляющая база; $\perp$ – отклонение от перпендикулярности. Остальные условные обозначения аналогичны варианту II.

9) Определена суммарная погрешность положения устанавливаемых заготовок от двух технологических операций по формулам вероятности для смещения в направлении оси **Z**. Суммарная погрешность по остальным смещениям и перекосам (поворотам) определена аналогично с увеличением погрешностей в 1,41 раза

$$C_{\Sigma} = \sqrt{C_1^2 + C_2^2} = \sqrt{\Delta^2 + \Delta^2} = \Delta\sqrt{2} \approx 1,41\Delta$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{\Sigma} = 1,41\Delta / 120 = \Delta / 85$$

$$\operatorname{tg} \beta_{\Sigma} = \Delta / 142$$

$$b_{\Sigma} = 1,41\Delta$$

$$\operatorname{tg} \gamma_{\Sigma} = \Delta / 128$$

$$a_{\Sigma} = 1,41\Delta.$$

3.5 Расчёт технологических размеров

Использование принципа постоянства баз часто приводит к расчёту технологических размеров и ужесточению требований расположения поверхностей. В нашем конкретном примере при обработке двух отверстий $\varnothing 30H7$ и основных баз детали, поверхностей **A** с двух сторон детали, требуется получить размер $70 \pm 0,04$ и отклонение от параллельности оси **B** отверстий относительно поверхностей **A** не более $0,03$ мм.

Перечисленные размеры и требования положения заданы на конструкторском чертеже. Технологические размеры не совпадают с конструкторскими размерами.

Технологический размер – размер от обрабатываемой поверхности до технологической базы в заданном направлении или размер между поверхностями, обработанными за один установ в одной операции.

Для расчёта технологических размеров составлена размерная цепь по двум технологическим операциям механической обработки, на которых применён принцип постоянства баз (рисунок 3.14).

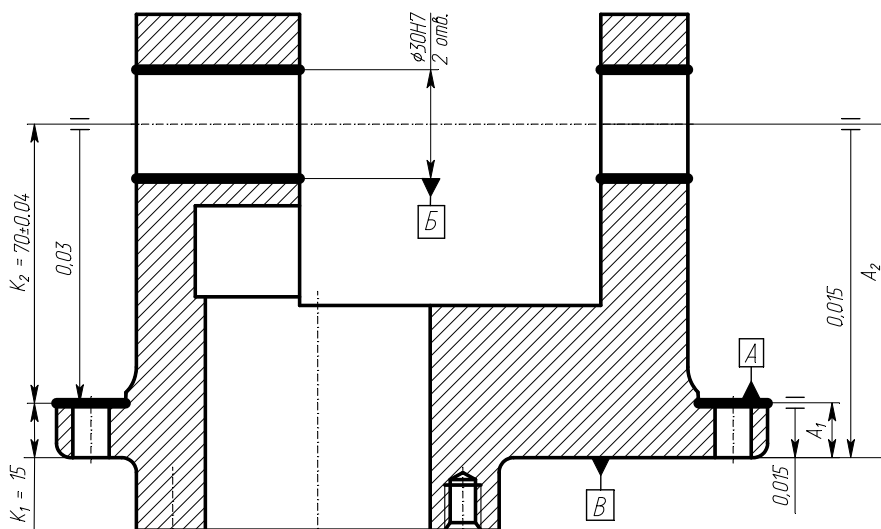


Рисунок 3.14

Размерная цепь состоит из следующих размеров или составляющих её звеньев: конструкторских размеров $K_1 = 15 \text{ h}14_{(-0,43)}$; $K_2 = 70 \pm 0,04$ и технологического размера A_2 . Допуски конструкторских размеров: $T_{K_1} =$

$= 0,43$; $T_{K_2} = 0,08$. В соответствии с технологическими операциями приняты технологические размеры от базовой поверхности **В** до обрабатываемых поверхностей **А** и **Б**. Технологические размеры обозначены **А₁** и **А₂**.

Технологический размер **А₁** совпадает с конструкторским размером **К₁**. Технологический размер **А₂** не совпадает с конструкторским размером **К₂**. Поэтому исходным или замыкающим звеном надо принять конструкторский размер **К₂**, как не совпадающий с технологическими размерами.

Из анализа размеров и допусков видно, что допуск на конструкторский размер **К₂** является замыкающим звеном и равен **0,08** мм, а допуск размера **К₁** равен **0,43** мм, то есть в пять раз больше.

Чтобы правильно рассчитать технологические размеры, надо допуск исходного (замыкающего) звена $T_{K_2} = 0,08$ разделить на допуски составляющих звеньев, то есть на допуски технологических размеров. При определении допусков на технологические размеры можно использовать: либо способ равных допусков; либо способ допусков одного качества, применяя метод полной взаимозаменяемости (брак недопустим, для ответственных и точных размеров, для коротких размерных цепей); либо способ неполной взаимозаменяемости (в остальных случаях).

Определение допусков размерной цепи способом равных допусков и методом полной взаимозаменяемости осуществляется по формуле

$$T_{Ai} = \frac{T_{K_2}}{m-1},$$

где T_{Ai} – средний допуск на технологические размеры, мм;

T_{K_2} – допуск исходного звена на конструкторский размер **К₂**, мм;

m – общее число звеньев цепи

$$T_{Ai} = \frac{0,08}{3-1} = 0,04.$$

Результаты расчёта технологических размеров и требований расположения поверхностей следующие:

Технологические размеры: **А₁ = 15±0,02**; **А₂ = 85±0,02**.

Требования расположения: отклонение от параллельности оси **В** двух отверстий **Ø30H7** относительно поверхности **В** не более **0,015**; отклонение от параллельности поверхностей **А** с двух сторон заготовки относительно поверхности **В** не более **0,015**.

Технологические размеры и требования расположения, полученные расчётами, проставлены на операционных эскизах (см. рисунки 3.12 – 3.14).

В расчётах допущена неточность – размер **А₁ = 15±0,02** выходит за пределы размера, заданного конструктором на **0,02** мм. Этой неточностью можно пренебречь, так как размер (охватываемый) задан конструктором по 14-му качеству и на работу устройства никакого влияния не окажет.

Вывод. Точность ориентации при данном варианте хуже, чем в варианте II, так как перекосы при установке заготовки tga , $tg\beta$, $tg\gamma$ больше. Хуже данный вариант по увеличению погрешностей от смещения заготовок во всех направлениях. Большим недостатком является расчёт технологических размеров, который приводит к ужесточению допусков на конструкторские размеры и приводит к дополнительным затратам технолога, наладчика и оператора, обслуживающих станок.

Преимущества данного варианта в простоте и однообразии конструкции приспособлений.

Оценка всех вариантов обеспечения точности размеров и расположения поверхностей при выборе технологических баз выполнена по таблице сравнения (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Сравнение вариантов обеспечения точности при выборе технологических баз

Принципы базирования	Номер варианта	Операция	Характер погрешностей						Точность, простота приспособления
			Опорные точки по вариантам						
			<i>c</i>	<i>tga</i>	<i>tgβ</i>	<i>b</i>	<i>tgy</i>	<i>a</i>	
Одна операция Один установ	I	Одна	Вариант на выбор технологических баз не влияет						—
Совмещения баз	II	Одна	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	1+2
			<i>Δ</i>	<i>Δ/120</i>	<i>Δ/200</i>	<i>Δ</i>	<i>Δ/180</i>	<i>Δ</i>	
Совмещения баз	III	Одна	<i>4</i>	<i>2</i>	<i>5</i>	<i>1</i>	<i>3</i>	<i>6</i>	2+4
			<i>Δ</i>	<i>Δ/110</i>	<i>Δ/150</i>	<i>Δ</i>	<i>Δ/150</i>	<i>Δ</i>	
Постоянства	IV	Одна	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	5+1
			<i>Δ</i>	<i>Δ/120</i>	<i>Δ/200</i>	<i>Δ</i>	<i>Δ/180</i>	<i>Δ</i>	
		Другая	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	
			<i>Δ</i>	<i>Δ/120</i>	<i>Δ/200</i>	<i>Δ</i>	<i>Δ/180</i>	<i>Δ</i>	
		<i>Σ</i>	<i>1,41Δ</i>	<i>Δ/85</i>	<i>Δ/142</i>	<i>1,41Δ</i>	<i>Δ/128</i>	<i>1,41Δ</i>	

Кроме погрешностей в таблице рекомендовано рассмотреть вопросы простоты конструкции приспособлений, удобство установки заготовок в приспособление и дать ориентировочную оценку.

Вывод. Из таблицы 3.1 следует, что лучший вариант II, так как обеспечивает высокую точность базирования (первое место – 1) и удобные, устойчивые базовые поверхности (второе место – 2).

3.6 Требования точности и их обеспечение

Цель: выбор наилучших вариантов поверхностей, используемых в качестве технологических баз по каждому размеру положения, по каждому требованию положения и детали в целом.

Исходные данные: чертёж детали, для которой разрабатывают технологический процесс механической обработки; список точных размеров положения; список точных требований расположения поверхностей для данной детали; методика анализа обеспечения требования точности по трём вариантам.

Рекомендации по выполнению:

Сначала рассматривают список точных размеров и требований точности расположения поверхностей с целью определить:

- 1) Какие размеры характеризуют конкретные поверхности?
- 2) Какие размеры являются размерами положения, характеризующими расстояния от одних поверхностей до других?
- 3) Между какими поверхностями детали заданы жёсткие требования расположения поверхностей?

Точность размеров конкретных поверхностей не зависит от выбора технологических баз, а зависит от способа обработки. Например, диаметр отверстия, полученного сверлением, зависит от диаметра сверла и способа обработки этим сверлом, дрелью вручную или на станке, но не зависит от способа базирования.

Точность размеров положения и требований расположения поверхностей зависит от правильного выбора технологических баз. Исключением здесь является обработка обеих поверхностей связывающего размера или требования расположения за один установ в одной операции.

Далее размеры положения и требования расположения поочерёдно анализируют. Для этого просматривают все возможные варианты базирования для каждого размера положения или требования положения с целью получения заданной точности. Выбирают наилучший вариант по каждому размеру или требованию точности. Составляют таблицу размеров положения и требований расположения поверхностей с наилучшим вариантом базирования и обеспечения требуемой точности.

Примеры. Из списка точных размеров и требований точности имеем:

1) Диаметр отверстий **30H7** – точность этого размера не зависит от выбора технологических баз, так как данный размер является диаметром отверстия, то он характеризует одну поверхность – цилиндр. Точность этого размера зависит только от вида окончательной обработки (например, развёртывания, внутреннего шлифования, дорнования, хонингования). Такие размеры в таблицу не заносят.

2) Диаметр отверстий **10H7** – пример, аналогичный первому размеру, то есть диаметру отверстий **30H7**.

3) Размер **83^{+0,3}** – размер между двумя плоскими поверхностями – указывает о связи двух поверхностей.

Если точность данного размера – обеспечить обработкой обе поверхности в одной операции за один установ, то только в этом случае точность такого размера не зависит от выбора технологических баз, а зависит от точности выполнения данной операции: точности станка, точности настройки технологической системы. В этом случае такой размер в таблицу не вносят.

При обработке этих поверхностей с переустановкой заготовки или обработкой поверхностей на различных операциях выбор базовых поверхностей влияет на точность размера **83^{+0,3}**.

Из анализа всех вариантов базирования и способов обработки выбрана обработка рассматриваемых поверхностей в одной операции за один установ. В таблицу «Требования точности и их обеспечение» данный рассматриваемый размер не вносят.

4) Размер расположения **70±0,04**. Точность этого размера лучше получить на различных операциях. После анализа (анализ проведён раньше) выбран вариант II. Точность данного размера обеспечивают по принципу совмещения баз. На операции окончательной обработки двух отверстий **Ø30H7** в качестве технологических баз принимают поверхности **A** и ось **Г** двух отверстий **Ø10H7**. Данный размер расположения вносят в таблицу 3.2 «Требования точности и их обеспечение».

5) Рассматривают следующее требование точности или размер положения и т.д.

В таблицу вносят только точные размеры положения и требования расположения поверхностей, точность которых определяют выбором технологических баз.

Нецелесообразно рассматривать выбор технологических баз для размеров положения и требований расположения поверхностей, когда обе рассматриваемые поверхности обрабатывают окончательно в одной операции за один установ.

При анализе выбора технологических баз очень часто останавливают выбор, когда точность размера положения или требования расположения получают в одной операции за один установ и оказываются в замкнутом круге. Здесь надо помнить о том, что говорилось выше. «По мере накопления рассмотренных размеров положения или требований расположения надо сопоставлять и согласовывать схемы базирования и окончательно выбирать поверхности в качестве технологических баз».

В любом предлагаемом варианте при обработке за один установ в одной операции какие-то поверхности приняты за технологические базы. Поэтому и надо рассматривать взаимное положение обрабатываемых поверхностей относительно этих технологических баз.

Наилучшие варианты получения точности размеров положения или требований расположения поверхностей заносят в таблицу 3.2.

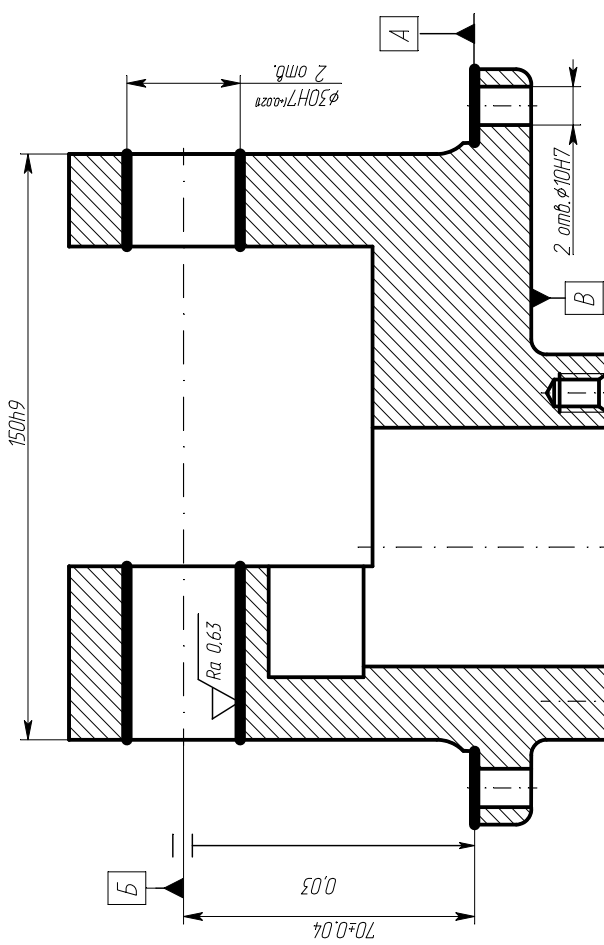
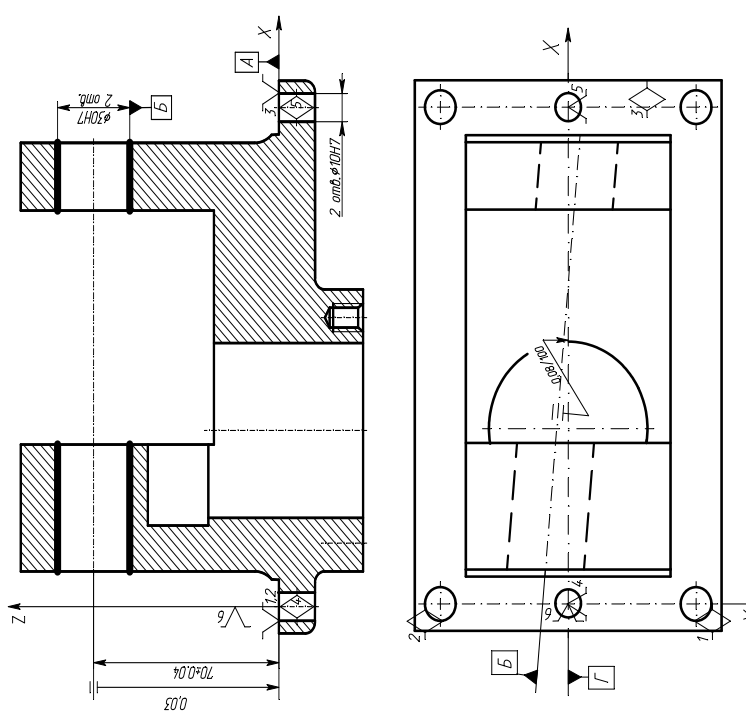
Таблицу делят на две части.

В левой части таблицы поочерёдно записывают подробно рассматриваемый размер положения или требование расположения поверхностей. Ниже выполняют эскиз так, чтобы были наглядно показаны обе обрабатываемые поверхности рассматриваемого требования точности и размеры связи обрабатываемых поверхностей с базовыми поверхностями. **Обе** поверхности рассматриваемого требования точности выделяют на эскизе толстыми линиями, кроме смешанных связей. Наносят на эскиз рассматриваемый размер положения или требование расположения поверхностей и их точность. Наносят также на эскиз размеры связи между обрабатываемыми поверхностями с другими поверхностями, которые могут быть выбраны за технологические базы. Рассматриваемые размеры положения и требования расположения можно размещать и на обеих частях таблицы «Требования точности и их обеспечения», как показано в таблице 3.2.

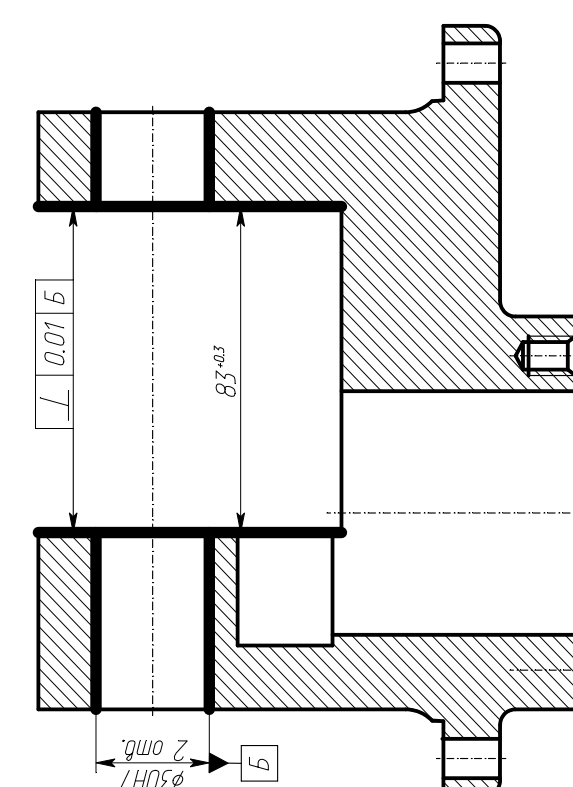
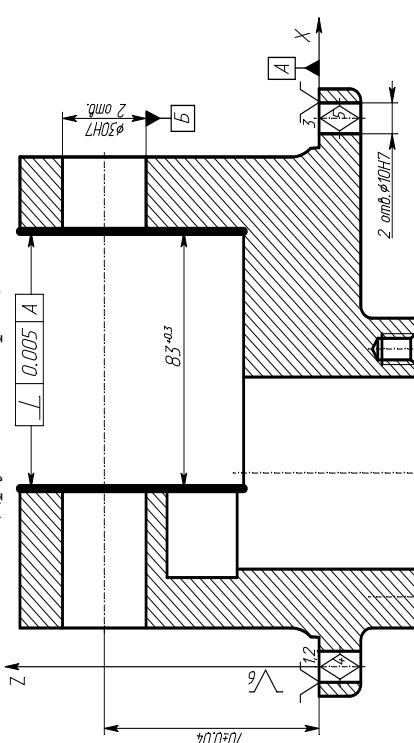
В правой части таблицы выполняют эскизы на одну операцию, если применён принцип совмещения баз и точность требования обеспечивают на рассматриваемой операции. Если применён принцип постоянства баз для обеспечения требования точности, то выполняют эскизы на обе операции для обработки обеих поверхностей требования точности.

На эскизы наносят схему базирования (схему расположения базовых опорных точек). Одну обрабатываемую поверхность требования точности выделяют толстой линией в одной операции, другую обрабатываемую поверхность рассматриваемого требования точности выделяют в другой операции. Проставляют или рассчитывают и проставляют технологические размеры и требования расположения поверхностей (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Требование точности и их обеспечение

Требования точности		Обеспечение требований точности	
1		2	
1 Размер положения 70±0,04 от поверхностей A до оси B двух отверстий Ø30H7		1 Размер положения 70±0,04 от поверхностей A до оси B двух отверстий Ø30H7	
2 Отклонение от параллельности оси B двух отверстий Ø30H7 относительно поверхностей A не более 0,03 мм		2 Отклонение от параллельности оси B двух отверстий Ø30H7 относительно поверхностей A не более 0,03 мм	
		Принцип совмещения баз 	

Продолжение таблицы 3.2

1	2
3 Отклонение от перпендикулярности поверхностей паза, размер $83^{+0,3}$ относительно оси B двух отверстий $\varnothing 30H7$ не более 0,01 мм	Принцип постоянства баз Одна операция  Другая операция 

Если в правой части таблицы для различных размеров положения и требований расположения поверхностей схемы базирования получаются однообразными или одинаковыми, то это признак, что выбор технологических баз выполнен правильно.

В настоящей теме рассмотрены вопросы, касающиеся системы базирования. Основой системы базирования является «правило шести точек». В соответствии с этим правилом разрабатывают схемы базирования и обозначают на технологических эскизах опорными точками. Опорные точки показывают технологические базы заготовки или изделия. Технологические базы ориентируют, определяют положение заготовки или изделия относительно приспособлений.

Для реализации разработанной схемы базирования возможны различные конструктивные решения в зависимости от конфигурации заготовки, её размеров и формы. В одном случае какая-либо база заготовки может быть обеспечена неподвижными установочными элементами, во втором – подвижными, в третьем – регулируемыми, в четвертом – плавающими, в пятом – самоцентрирующими, в шестом – подвижными сблокированными и т.д. Указанные конструктивные решения не должны накладывать свои особенности на теоретические основы базирования, а лишь обеспечивать реализацию разработанной схемы базирования. Например, подвижность установочных элементов делает базой ось или точку симметрии.

Однако в некоторой технической литературе, например в [23], приведены различные условные обозначения, характеризующие конструкцию опор. Это приводит, в сущности, к бесконечному многообразию условных обозначений опорных точек и затрудняет изучение теории базирования. Поэтому для изучения основ базирования лучше использовать литературу [24; 55].

Не только на одном, но даже на многочисленных примерах нельзя показать всё многообразие случаев, с которыми приходится встречаться при разработке систем базирования – точностной основы всего технологического процесса. Поэтому особое значение приобретают теоретические основы технологии машиностроения и особенно вопросы, связанные с базами и их применением. Среди них следует отметить такие, как «правило шести точек», виды баз, роль взаимного положения конструкторских, технологических и измерительных баз, принципы единства и постоянства баз, особую роль первой операции, черновые и искусственные базы и т.п.

Обязательно надо знать и типовые системы базирования. Они разработаны в результате длительной практики и находят широкое применение на производстве. Это, например, обработка в центрах, обработка от отверстия, установка на плоскость и два пальца, некоторые другие.

При разработке технологических процессов механической обработки заготовок и изготовления деталей различных механизмов и устройств да-

лее возникают следующие вопросы. В частности, вопросы по определению очередности обработки поверхностей заготовки в соответствии с заданными по чертежу размерами, их точностью, точностью расположения поверхностей, точностью геометрических форм поверхностей и требованиями к шероховатости поверхностей.

3.7 Очередность обработки поверхностей

Краткие сведения по определению очередности обработки поверхностей заготовки изложены только в одном источнике [37]. Во всей остальной литературе: технической, справочной, специальной, периодических изданиях, никакой информации нет, встречаются лишь незначительные рекомендации.

В литературе [25, с. 240] указано: «Последовательность обработки зависит от системы простановки размеров. В первую очередь следует обрабатывать ту поверхность, относительно которой на чертеже координировано большее число других поверхностей».

В других литературных источниках по специальности имеются общие и конкретные рекомендации по разработке маршрута и последовательности обработки поверхностей. Эти рекомендации даны без учёта простановки размеров, заданных на конструкторском чертеже [9; 16; 27; 29; 30; 36; 39]. В литературе больше внимания обращено на выбор и анализ вариантов, которые определяют способы обработки одной поверхности на различных стадиях (черновой, чистовой и отделочной) обработки.

Ниже предлагается методика по определению очередности обработки поверхностей в соответствии с заданными на чертеже размерами.

Цель: установить очередность обработки поверхностей в соответствии с размерами, заданными по чертежу, и требованиями расположения.

Исходные данные: рабочий чертёж детали, технические условия и требования по чертежу детали.

Рекомендации при назначении очередности обработки поверхностей:

1) Выполнить эскиз детали так, чтобы были показаны все обрабатываемые поверхности.

2) По чертежу детали выявить функциональное назначение каждой поверхности, оценить все связи между поверхностями и требования расположения.

3) Обозначить каждую поверхность символами букв и цифр, которые устанавливают функциональное назначение поверхности и её номер. Буквы, входящие в символы, обозначают поверхности: основные обозначают буквой **О**, вспомогательные – **В**, исполнительные – **И**, крепёжные – **К**, сво-

бодные поверхности – **С**. Цифры обозначают порядковый номер соответствующей поверхности.

4) Определить (установить) очередность обработки поверхностей, учитывая простановку размеров и заданные требования положения по чертежу.

5) Заполнить таблицу следующего вида (таблица 3.3).

6) Первой получают (обрабатывают) поверхность, связанную размером с необрабатываемой поверхностью, которая может быть хорошей технологической базой при обработке остальных поверхностей. Чаще такой поверхностью является основная база детали, от которой в большинстве случаев задано наибольшее число размеров.

Во вторую очередь обрабатывают поверхности, которые связаны размерами или требованиями расположения с поверхностями, обработанными в первую очередь.

В третью очередь обрабатывают поверхности, связанные размерами или требованиями расположения с поверхностями, обработанными во вторую очередь, и т.д.

Таблица 3.3 – Очередность обработки поверхностей

Код поверхности	Очередность				
	I	II	III	IV	V
О1 О2 ...	+ 3	+ 3			
В1 В2 ...			+ 1	+ 3 + 2	
С1 ...					
Примечание – Условные обозначения: «+» – знак, указывающий очередность обработки данной поверхности; 1, 2, 3 – количество технологических переходов, рекомендуемых при обработке данной поверхности					

7) Очередность обработки рассматривают в трёх направлениях. Отсюда следует – какие поверхности лучше пригодны для установочной, направляющей и опорной технологических баз.

Очередность обработки поверхностей в одном направлении устанавливают с учётом размеров, проставленных конструктором, значимости этих размеров, а также выбора поверхности, которую планируют обрабатывать в первую очередь. Выбор поверхности, обрабатываемой в первую очередь, влияет на последовательность обработки последующих поверхностей и на количество очередностей.

Например, установим очередность обработки поверхностей (для несложной детали) в одном координатном направлении (рисунок 3.15). Наи-

большее количество вариантов равно числу поверхностей детали в данном координатном направлении. Анализ простановки размеров чертежа указывает на последовательность их получения при механической обработке на металло-режущих станках. Простановку размеров, заданных конструктором, надо учитывать при разработке технологических процессов.

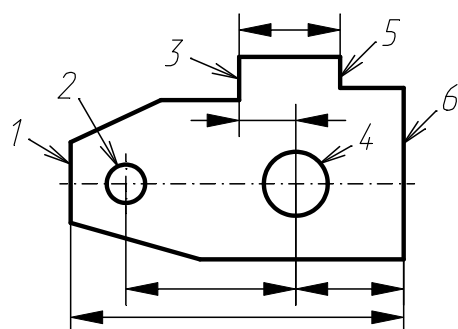


Рисунок 3.15

Влияние простановки размеров, заданных на чертеже, наглядно показано на предложенных схемах (рисунок 3.16), с помощью которых можно определить последовательность получения размеров при

механической обработке, последовательность настройки станка, последовательность выполнения технологических переходов и последовательность разработки управляющих программ для станков с ЧПУ.

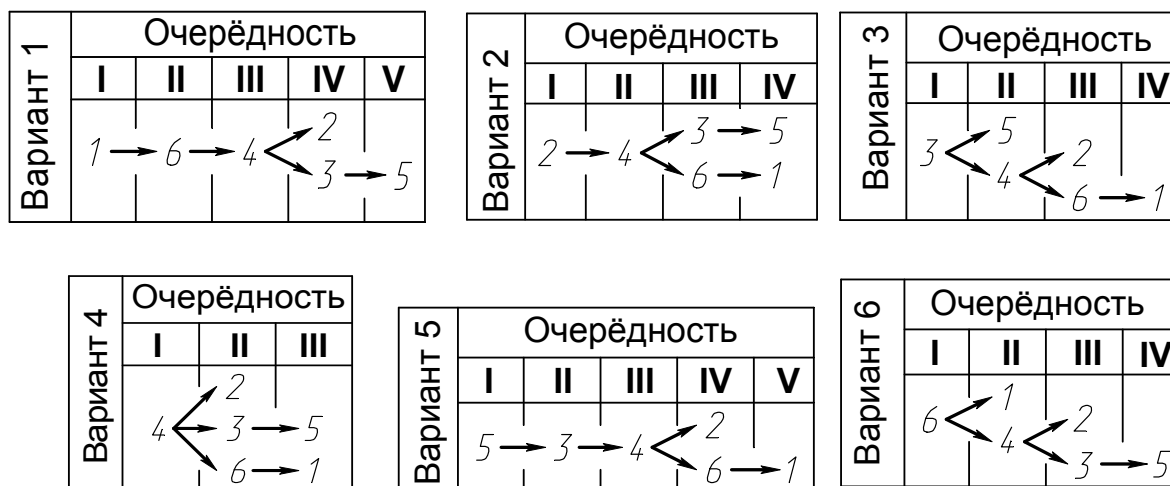


Рисунок 3.16

Вывод: на основе предложенных рекомендаций и анализа схем по рисунку 3.16 наглядно видно, что самым оптимальным вариантом является вариант 4 с минимальной очерёдностью.

Пример. Требуется установить очерёдность обработки поверхностей для детали «корпус».

1) Выполняют эскиз детали так, чтобы все обрабатываемые поверхности были показаны (рисунок 3.17).

2) Обозначают все обрабатываемые поверхности детали на эскизе символами.

3) Устанавливают очерёдность обработки поверхностей в соответствии с изложенными выше рекомендациями и заполняют таблицу 3.4.

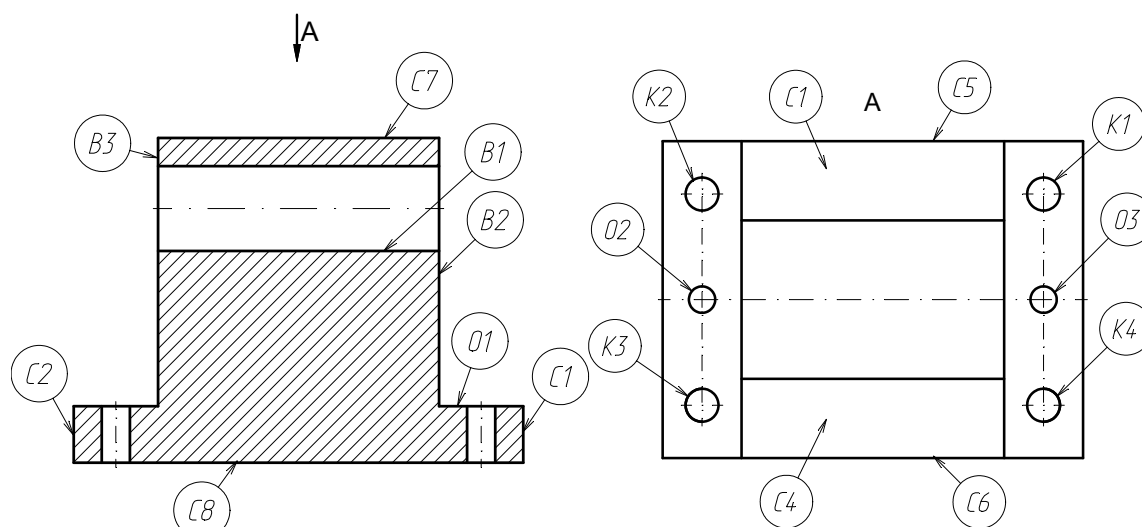


Рисунок 3.17

В таблице 3.4 наглядно показана очередность обработки поверхностей в соответствии с заданными размерами.

Таблица 3.4 – Очередность обработки поверхностей

Код поверхности	Очередность				
	I	II	III	IV	V
O1	+ 3				
O2		+ 3			
O3		+ 3			
B1				+ 3	
B2				+ 2	
B3			+ 2		
C1			+ 1		
C2			+ 1		
C3				+ 1	
C4					+ 1
C5			+ 1		
C6				+ 1	
C7				+ 1	
C8			+ 1		
K1				+ 1	
K2			+ 1		
K3				+ 1	
K4				+ 1	

Примечание – Условные обозначения: «+» – знак, указывающий очередность обработки данной поверхности; 1, 2, 3 – количество технологических переходов при обработке данной поверхности

Очередность установлена с учётом трёх координатных направлений. В таблице 3.4 указано количество выполняемых технологических переходов по каждой поверхности. Установленная очередность должна быть чёт-

ко учтена при разработке маршрута технологического процесса, управляющей программы для станков с ЧПУ и при настройке технологической системы на выполнение технологических операций.

3.8 Маршрут и способы обработки поверхностей

Способы обработки всех поверхностей заготовки определяют исходя из требований, предъявляемых к точности и качеству готовой детали, с учётом характера исходной заготовки и свойств обрабатываемого материала.

Для предварительного выбора способа обработки отдельных поверхностей заготовки используют данные справочных таблиц экономической точности обработки различными способами, которые приводятся в учебной и справочной литературе.

В связи с тем, что одинаковые точность обработки и качество обработанной поверхности могут быть достигнуты различными способами, то после предварительного выбора нескольких возможных, технически подходящих способов обработки следует произвести их сопоставление по производительности и экономичности для соответствующего типа производства.

При назначении способа обработки следует стремиться к тому, чтобы число переходов при обработке каждой поверхности заготовки было минимальным. Желательно, чтобы одним и тем же способом обрабатывалось как можно большее количество поверхностей заготовки. Последнее даёт возможность разработать высокопроизводительные концентрированные операции с максимальным совмещением обработки отдельных поверхностей, сократить общее количество операций и установов, длительность цикла обработки, повысить производительность и точность обработки заготовки [9; 16; 25; 29; 36; 37; 39].

Для предложения и анализа вариантов обработки любой поверхности необходимо изучить и знать основные способы обработки: плоскостей, наружных цилиндрических поверхностей, отверстий, пазов и шпоночных поверхностей, зубьев зубчатых колёс и шлицевых поверхностей, резьбовых поверхностей, фасонных поверхностей.

Способы обработки плоскостей: точение торцовое, тонкое точение, строгание, тонкое строгание, фрезерование, тонкое фрезерование, протягивание, шлифование, шабрение, притирка, полирование, наклёпывание шариками, прикатывание роликом.

Способы обработки наружных цилиндрических поверхностей: точение, тонкое точение, фрезерование, протягивание, шлифование, притирка, суперфиниширование, алмазное выглаживание.

Способы обработки отверстий: сверление, рассверливание, зенкерование, развёртывание, растачивание, тонкое растачивание, алмазное раста-

чивание, фрезерование, протягивание, внутреннее шлифование, планетарное шлифование, хонингование, притирка, прошивание, раскатывание шариками (роликами), дорнование, калибрование, алмазное выглаживание.

Способы обработки пазов и шлицевых поверхностей: фрезерование, долбление, строгание, протягивание, шлифование.

Способы обработки зубьев зубчатых колёс и шлицевых поверхностей: зубофрезерование, зубострогание, зубодолбление, протягивание, шлифование, шевингование, накатывание.

Методы нарезания зубьев зубчатых колёс: метод деления (копирования) и метод обкатки.

Способы нарезания резьб: нарезание плашками, метчиками, резцом, тремя резцами, гребёнками, фрезерованием, резьбонарезными головками, резьбо-накатными головками, вихревым методом, шлифованием, накатыванием.

Способы обработки фасонных поверхностей: точение, строгание, фрезерование, протягивание, шлифование, шлифование лентами, притирка, полирование, накатывание [9].

Цель: выбрать наилучшие маршруты обработки отдельных поверхностей заготовки и подготовить данные:

- для разработки маршрутов обработки поверхностей заготовки;
- расчёта промежуточных и общих припусков на обработку каждой поверхности;
- расчёта промежуточных размеров заготовки по технологическим переходам;
- составления маршрута обработки заготовки.

Выбор способов обработки поверхностей следует вести в последовательности:

1) Выбрать для анализа наиболее точную обрабатываемую поверхность детали по чертежу.

2) Установить точность размера данной поверхности или точность размера, связывающего эту поверхность с другой поверхностью.

3) Установить требования к шероховатости рассматриваемой поверхности.

4) По таблицам технической литературы установить все способы обработки, обеспечивающие требования точности и шероховатости, заданные для этой поверхности на чертеже. Если требуемые чертежом точность и шероховатость обеспечиваются отделочными способами обработки, то далее переходят последовательно к определению чистовых способов обработки, затем к определению предварительных способов обработки и в последнюю очередь – к определению черновых способов обработки.

При построении маршрута обработки поверхности исходят из того, что каждый последующий способ должен быть точнее предыдущего. На черновых переходах уточнение получаемых размеров соответствует пере-

паду в три квалитета. На получистовых переходах уточнение получаемых размеров соответствует перепаду в два квалитета. На чистовых переходах уточнение получаемых размеров соответствует перепаду в один квалитет. На отделочных переходах уточнение получаемых размеров соответствует достижению точности геометрических форм и требуемой шероховатости.

5) Составить схему или таблицу формирования вариантов обработки рассматриваемых точных поверхностей.

6) Провести анализ по каждому варианту с учётом производственных условий и выбрать наилучший.

7) Зафиксировать результат решения (либо на схеме, либо в таблице).

По рекомендуемой последовательности определяют маршруты обработки и обосновывают результаты работы по всем точным и важным поверхностям детали.

Разрабатывая маршрут обработки поверхности, необходимо помнить, что одна и та же точность обработки может быть достигнута несколькими методами. Количество возможных вариантов маршрута обработки одной поверхности достаточно велико. Однако его можно значительно уменьшить, если учесть габариты детали, её жёсткость, способы установки для обработки, тип производства [9; 16; 25; 29; 37; 39].

Пример. Формирование вариантов маршрута обработки отверстия по 8-му квалитету ($\varnothing 30H8$). В качестве окончательных методов обработки можно применить развёртывание чистовое, чистовое растачивание и протягивание, обеспечивающие заданную точность (таблица 3.5). Перед окончательными способами обработки можно применить: растачивание предварительное, развёртывание предварительное, чистовое зенкерование и, наконец, черновой способ обработки – сверление.

Для данного конкретного случая можно построить семь различных планов обработки отверстия (см. таблицу 3.5, рисунок 3.18 (схема вариантов обработки отверстия $\varnothing 30H8$)).

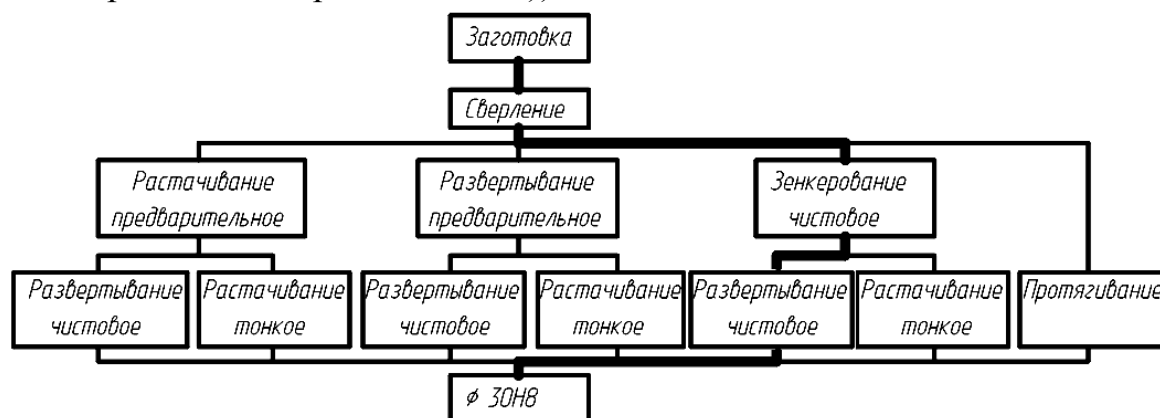


Рисунок 3.18

При анализе условий выполнения предлагаемых вариантов для конкретного производства и при учёте типовых рекомендаций количество таких вариантов можно сократить. В данном случае выбранный вариант плана обработки поверхности отмечен выделенными технологическими переходами на каждой стадии [25; 29; 37; 39].

Из семи вариантов предпочтительными являются выделенные варианты.

Таблица 3.5 – Варианты обработки поверхностей (пример)

Поверхность, размер	Точность	Способы обработки по стадиям			
		отделочная	чистовая	предварительная	черновая
Ø30	H8		<i>1 Развёртывание чистовое</i> 2 Растачивание тонкое 3 Протягивание	1 Развёртывание предварительное 2 Растачивание предварительное 3 Зенкерование чистовое	<i>1 Сверление</i>

Для разработки технологических процессов механической обработки на оригинальные детали в серийном производстве представляется целесообразным, чтобы технолог располагал многовариантными таблицами технологических маршрутов обработки типовых поверхностей (наружных и внутренних цилиндрических, плоских и др.), учитывающими свойства материала и его состояние. Однако представляется целесообразным иметь таблицы рекомендуемых маршрутов обработки простых поверхностей (таблицы 3.6 – 3.8) [30].

Составление таких всеобъемлющих таблиц представляет значительную сложность, так как даже для отдельной типовой поверхности число вариантов обработки достаточно велико. Кроме того, на маршрут обработки оказывают влияние характеристики самой детали.

Так, например, при обработке цилиндрической поверхности на технологический маршрут будут влиять: диаметр детали, протяжённость обрабатываемой поверхности, точность диаметра и формы, точность расположения поверхностей, материал, твёрдость поверхностного слоя, габаритные размеры детали, наличие или отсутствие центровых отверстий.

При выборе варианта и маршрута обработки поверхностей, кроме предложенных таблиц и справочных материалов, рекомендуется пользоваться таблицами средней экономической точности методов и видов обработки [9; 16; 25; 27; 29; 30; 39].

Таблица 3.6 – Маршруты обработки наружных цилиндрических поверхностей

Последовательность переходов при обработке до качества				Шероховатость, мкм
IT14-IT12	IT11-IT10	IT9-IT7	IT6	
1,2,3 О 4 О , ТО 1 Ш 4 ТО , Ш				<i>Rz</i> 80...20
←	1,2,3 Оп , Оч 1,2 О , Ш 4 Оп , Оч , ТО 4 Оп , ТО , Ш			<i>Ra</i> 6,3...2,5
←	←	1,2,3 Оп , Оч , От 1,2 О , Ш 1 Шп , Шч 4 О , ТО , Ш 4 Шп , ТО , Ш		<i>Ra</i> 1,25...0,63
←	←	3 Оп , Оч , ПО 3 О , ПОп , ПОч 3 О , Оч , От	1,2,3 Оп , Оч , От , ПО 1 О , Шп , Шт , ПО 1 О , Ш , С 4 О , Шп , ТО , Шт 4 О , Шп , ТО , Шт , С 4 О , ТО , Шч , С	<i>Ra</i> 0,32...0,16
		3 Оп , Оч , ПОп , ПОч 3 Оп , Оч , От , ПОч , ПОт 4 Оп , ТОт , Шп , Шт , ПО	1 Оп , Оч , Шп , Шч , Сп , Сч 4 Оп , Оч , ТО , Шч , Сч 4 Оп , Оч , ТО , Шч , Шт , Д 4 Оп , Оч , ТО , Шч , Дп , Дч 4 Ш , ТО , Ш , Сп , Сч	<i>Ra</i> 0,08...0,04
Обозначения. О – обтачивание, Ш – шлифование, С – суперфиниширование, ПО – полирование, Д – доводка, ТО – термическая обработка; п – предварительное, ч – чистовое, т – тонкое; 1 – незакалённые стали, 2 – чугуны, 3 – цветные металлы и сплавы, 4 – закалённые стали Примечание – Полужирным шрифтом выделены технологические переходы, формирующие погрешности расположения поверхностей				

Экономичной называют ту точность, при которой затраты на обработку одной и той же поверхности данным способом будут ниже, чем любым другим способом. Предварительные решения по выбору рационального варианта плана обработки принимают на основе таблиц 3.9 – 3.11.

Из указанных в таблицах 3.9 – 3.11 способов обработки различных поверхностей деталей видно, что некоторые разновидности одних и тех же методов применяют для обработки разных поверхностей деталей.

Таблица 3.7 – Маршруты обработки плоских поверхностей

Последовательность переходов при обработке до качества				Шерохова- тость, мкм
IT14-IT12	IT11-IT10	IT9-IT7	IT6	
1, 2, 3 С 1, 2, 3 Ф 1, 2, 3 О 4 С , ТО 4 Ф , ТО 4 О , ТО				<i>Rz</i> 80...20
←	1,2,4 ТО, Шп 1,2,3 Фп, Фч 1, 2 Ф, Шп 4 Ф, ТО, Шп 4 С, ТО, Шп 4 О, ТО, Шп			<i>Ra</i> 6,3...2,5
	←	1, 2, 3 С, П 1, 2, 3 Ф, П 1, 2 Ф, Шч 4 Ф, ТО, Шч 4 О, ТО, Шч 4 С, ТО, Шч	1, 2 Фп, Фч, Шч 3 Фп, Фч , ПО 4 Фп, Фч, ТО, Шч 4 Оп, Оч, ТО, Шч	<i>Ra</i> 1,25...0,63
	←	3 Фп, Фч , ПОч 3 Оп, Оч , ПОч	1, 2, 3 С, Фт , ШБ 1, 2, 3 Фп, Фт , ШБ 1,2 Фп, Фч, Шч , ПО 4 Фп, Фч, ТО, Шч , Д 4 С, Фт, ТО, Шч , Д 4 Ф, ТО, Шп, Шч , Д 4 О, Шп, ТО, Шч , Д	<i>Ra</i> 0,32...0,16
		3 Фп, Фч , ПОч, ПОт 3 Оп, Оч , ПОч, ПОт	1,2 Ф, Шп, Шч, Шт , ПО 4 С, ТО, Шп, Шч, Шт 4 Ф, ТО, Шп, Шч, Шт 4 Ф, ТО, Шп, Шч, Шт , Д 4 О, ТО, Шп, Шч, Шт , Д	<i>Ra</i> 0,08...0,04
Обозначения. С – строгание, Ф – фрезерование, П – протягивание, О – обтачивание торцов, Ш – шлифование, ШБ – шабрение, ПО – полирование, Д – доводка, ТО – термическая обработка; п – предварительное, ч – чистовое, т – тонкое; 1 – незакалённые стали, 2 – чугуны, 3 – цветные металлы и сплавы, 4 – закалённые стали Примечание – Полужирным шрифтом выделены технологические переходы, формирующие погрешности расположения поверхностей				

Поэтому общее количество принципиально отличных друг от друга методов в действительности меньше, чем указано в таблицах выше.

Таблица 3.8 – Маршруты обработки внутренних цилиндрических поверхностей

Последовательность переходов при обработке до качества				Шероховатость, мкм
IT14-IT12	IT11-IT10	IT9-IT7	IT6	
1,2,3 C 1,2,3 З 1,2,3 РТ 4 C , ТО 4 З , ТО 4 РТ , ТО				<i>Rz</i> 80...20
←	1,2,3 C , З , P 1,2,3 C , З , РТ 1,2,3 C , РТ , P 4 C , З , ТО , Ш 4 C , РТ , ТО 4 Зп , Зч , ТО , Ш			<i>Ra</i> 6,3...2,5
	←	1,2,3 РУ , P 1,2,3 C , З , Pп , Pч 1,2,3 C , РТп , РТч 1,2,3 C , З , AP 1,2,3 C , П 4 C , РТ , ТО , Ш 4 РТп , Pч , ТО , Ш 4 C , З , ТО , Ш 4 РУ , ТО , X		<i>Ra</i> 1,25...0,63
		←	1,2,3 РУ , Pп , Pч 1,2,3 C , З , Pп , Pч 1,2,3 C , З , APп , APч 1,2,3 РТ , APп , APч 1,2,3 C , З , П 4 РТ , ТО , Ш , X 4 C , З , ТО , Ш , X 4 C , П , ТО , X 4 РУ , P , ТО , X	<i>Ra</i> 0,32...0,16
			2 РУ , X , Дп , Дч 2 C , З , P , X , Дп , Дч 4 РУ , P , ТО , X , Дп , Дч 4 C , З , P , ТО , Дп , Дч 4 C , П , ТО , X , Д 4 РТ , AP , ТО , Дп , Дч 4 C , РТ , AP , ТО , X , Д	<i>Ra</i> 0,08...0,04

Обозначения. С – сверление (рассверливание), З – зенкерование (координатное), РУ – ружейное сверление, Р – развёртывание, РТ – растачивание, AP – алмазное растачивание, П – протягивание, Ш – шлифование, Х – хонингование, Д – доводка, ТО – термическая обработка; п – предварительное, ч – чистовое, т – тонкое; 1 – незакалённые стали, 2 – чугуны, 3 – цветные металлы и сплавы, 4 – закалённые стали

Примечание – Полужирным шрифтом выделены технологические переходы, формирующие погрешности расположения поверхностей

Таблица 3.9 – Способы и виды обработки наружных цилиндрических поверхностей

Способ и вид обработки	Квалитет	Шероховатость <i>Ra</i> , мкм
Точение		
черновое	14...12	50...12,5
получистовое	13...11	25...3,2
чистовое	10...8	6,3...1,6
тонкое	8...7	1,6...0,4
Шлифование		
предварительное	9...8	6,3...0,4
чистовое	7...6	1,6...0,4
тонкое	6...5	1,6...0,1
Отделочная обработка		
хонингование	5...4	0,4...0,08
доводка (тонкая притирка)	5...3	0,16...0,01
суперфиниш	5...3	0,1...0,01
полирование	4...3	0,1...0,01
Обработка давлением		
обкатывание	10...8	0,08...0,01
выглаживание	7...6	0,8...0,05

Таблица 3.10 – Способы и виды обработки плоских поверхностей

Способ и вид обработки	Квалитет	Шероховатость <i>Ra</i> , мкм
Строгание и долбление		
черновое	13...11	12,5...3,2
чистовое	13...11	1,6...0,8
тонкое	10...9	1,6...0,2
Фрезерование		
черновое	13...11	12,5...3,2
получистовое	12...10	3,2...1,6
чистовое	10...8	1,6...0,8
тонкое	8...6	1,6...0,2
Протягивание		
черновое	11...10	3,2...1,6
чистовое	9...6	1,6...0,4
Шлифование		
черновое	9...8	1,6...0,4
чистовое	8...7	0,4...0,1
тонкое	7...6	0,2...0,05
Шабрение		
механическое	8...7	0,8...0,1
ручное	7...6	0,63...0,08
Доводка		
предварительная	5...4	0,63...0,16
окончательная	4...3	0,32...0,04

Таблица 3.11 – Способы и виды обработки отверстий

Способ и вид обработки	Квалитет	Шерохова- тость <i>Ra</i> , мкм
Сверление и рассверливание	13...9	25...1,6
Зенкерование		
черновое	13...12	25...6,3
однократное	13...11	25...6,3
чистовое	10...8	6,3...0,8
Развёртывание		
нормальное	11...10	12,5...0,8
точное	9...7	6,3...0,4
тонкое	6...5	3,2...0,1
Растачивание		
черновое	13...11	25...1,6
чистовое	10...8	6,3...0,4
тонкое	7...5	3,2...0,2
Протягивание		
черновое	11...10	12,5...0,8
чистовое	9...6	6,3...0,2
Шлифование		
предварительное	9...8	6,3...0,4
чистовое	7...6	3,2...0,2
тонкое	6...5	1,6...0,1
Отделочные методы		
хонингование	6...5	1,6...0,1
притирка	5...4	1,6...0,1
Обработка давлением		
раскатывание	10...8	6,3...0,4
калибрование	8...6	6,3...0,1
выглаживание	6...5	0,4...0,1

Благодаря небольшому числу методов обработки различных поверхностей деталей и известных в практике данных о средних точностных характеристиках каждого метода и вида обработки, можно сравнительно просто выбрать их для конкретных случаев изготовления детали с точки зрения обеспечения её точности и шероховатости по техническим условиям и чертежу.

Недостатки многих данных о средней точности обработки заключаются в том, что они даны как точностные характеристики обрабатываемой поверхности, а не детали, характеризующейся четырьмя показателями.

Используя таблицы 3.6 – 3.11, технолог может назначить маршрут обработки для различных поверхностей детали в соответствии с теми точностными требованиями, которые предписаны чертежом. Естественно, что приведённые в качестве примера таблицы не охватывают всего многообразия встречающихся в практике случаев, а дают только представление о возможных маршрутах механической обработки.

3.9 Обоснование выбора технологических баз

Цель: отбор поверхностей в качестве технологических баз при механической обработке всех обрабатываемых поверхностей детали.

При выборе технологических баз рекомендуется:

1) Изучить поверхности, обрабатываемые в первую очередь по всем направлениям, и определиться с порядком их обработки.

2) Выбрать технологическую установочную базу для обработки первой поверхности. Технологической установочной базой должна быть поверхность или сочетание поверхностей с наибольшими габаритными размерами. Если имеются смешанные связи, то в качестве технологической установочной базы выбирают необрабатываемую наибольшую поверхность, связанную размером с обрабатываемой первой поверхностью.

3) Выбрать технологическую направляющую базу для обработки первой поверхности, учитывая точность её положения относительно второй координатной плоскости. Если указанную точность необходимо обеспечить в направлении второй координатной плоскости, то принимают решение по выбору технологической направляющей базы. Если указанную точность не требуется обеспечивать в направлении второй координатной плоскости, то принимают решение по выбору скрытой направляющей базы, а в таблице делают прочерк. Технологической направляющей базой должна быть поверхность или сочетание поверхностей наибольшей протяжённости.

4) Выбрать технологическую опорную базу для обработки первой поверхности, учитывая точность её положения относительно третьей координатной плоскости. Если указанную точность необходимо обеспечить в направлении третьей координатной плоскости, то принимают решение по выбору технологической опорной базы. Если нет, то принимают решение по выбору скрытой опорной базы, а в таблице делают прочерк. Технологической опорной базой может быть любая по размерам поверхность, от которой задан размер.

При выборе технологических баз необходимо стремиться к исключению погрешности несовмещения баз, совмещая технологические базы с измерительными базами в соответствующих координатных направлениях. В противном случае рассчитывают технологические размеры, исходя из размеров, заданных конструктором на чертеже.

5) Переход к рассмотрению другой поверхности, обрабатываемой в первую очередь и т.д.

Методика выбора баз аналогична (см. п. 2 – 4).

6) Изучить поверхности, обрабатываемые во вторую очередь, и определиться с порядком их обработки и т.д.

Результаты работы занести в таблицу 3.12.

Таблица 3.12 – Выбор технологических баз

Код поверхности	Технологические базы		
	установочная	направляющая	опорная
О1	С8 (черновая)	С5 (черновая)	С2 (черновая)
О2	О1	С5 (черновая)	С2 (черновая)
О3	О1	С5 (черновая)	С2 (черновая)
...	...	...	...
С8	О1	--	--
С2	С8	О2 ; О3	О2
С1	С8	О2 ; О3	О2
С5	С8	О2 ; О3	--
и т.д.			

Основные термины и понятия

Твёрдое тело в пространстве имеет шесть степеней свободы.

Ориентация – придание предмету труда определённого положения относительно опорных точек (элементов приспособления или устройства); либо относительно выбранной системы координат.

Силовое замыкание – обеспечение двусторонней связи при базировании и надёжного контакта заготовки с опорами приспособления.

Функция силового замыкания – обеспечение двухсторонних связей при базировании.

Координата твёрдого тела – расстояние одной из точек твёрдого тела относительно выбранной координатной плоскости.

За исходное (замыкающее) звено при расчёте технологических размеров принимают конструкторские размеры, не совпадающие с технологическими размерами, но которые необходимо получить.

Литература: [2; 6; 7; 9; 12; 13; 16; 17; 18; 20; 23; 24; 25; 27; 34; 37; 39; 41; 42; 55; 57; 59; 60; 69].

Контрольные вопросы

- 1) Сколько степеней свободы имеет твёрдое тело в пространстве?
- 2) Что означает термин «ориентация»?
- 3) Что означает термин «координата твёрдого тела»?
- 4) Какое значение имеет правильный выбор технологических баз?
- 5) Что означает термин «базирование»?
- 6) Что означает термин «правило шести точек»?
- 7) Что означает термин «опорная точка»?
- 8) Какими условными знаками изображают опорные точки на операционных эскизах?
- 9) Какими условными знаками изображают дополнительные опоры?

10) Какое количество опорных точек необходимо для полного определения положения заготовки, детали или инструмента?

11) Чем обеспечивается двусторонняя связь при установке заготовки или изделия в приспособлении?

12) Что понимают под определённостью базирования заготовки или детали?

13) Что означает термин «закрепление»?

14) Что означает термин «установка»?

15) В каких случаях применяют дополнительные опоры?

16) Что означает термин «силовое замыкание»?

17) Что означает термин «функция силового замыкания»?

18) Что понимают под термином «база»?

19) Что понимают под термином «комплект баз»?

20) Как классифицируют базы по назначению?

21) Что понимают под термином «конструкторская база»?

22) Что понимают под термином «технологическая база»?

23) Что понимают под термином «измерительная база»?

24) Что означает термин «основная база»?

25) Что означает термин «вспомогательная база»?

26) Как классифицируют базы по лишаемым степеням свободы?

27) Что понимают под термином «установочная база»?

28) Что понимают под термином «направляющая база»?

29) Что понимают под термином «опорная база»?

30) Что понимают под термином «явная база»?

31) Что понимают под термином «скрытая база»?

32) Что понимают под термином «схема базирования»?

33) Что означает термин «погрешность несовмещения баз»?

34) В каких случаях возникает погрешность несовмещения баз?

35) В каких случаях погрешность несовмещения баз равна нулю?

36) Влияет ли способ базирования заготовок на точность размеров между поверхностями, обрабатываемыми за один установ в одной операции?

37) Как выявляют погрешность несовмещения баз? Назовите четыре этапа.

38) Как разрабатывают схему базирования? Назовите четыре условия.

39) Как выполняют анализ разработанных схем базирования? Назовите три правила.

40) Какие различают виды связей-размеров и требований положения между поверхностями детали?

41) Сколько смешанных связей должно быть на чертеже?

42) Как надо выбирать технологические базы для обеспечения смешанных связей?

- 43) Какие варианты рассматривают для обеспечения требований точности размеров положения и требований расположения?
- 44) Почему нежелателен расчёт технологических размеров?
- 45) Как выполняют эскиз для анализа требований точности?
- 46) Что означает термин «принцип совмещения (единства) баз»?
- 47) Что обеспечивает принцип совмещения (единства) баз?
- 48) Что означает термин «принцип постоянства баз»?
- 49) Что обеспечивает принцип постоянства баз?
- 50) Что означает термин «технологический размер»?
- 51) В каких случаях рассчитывают технологические размеры?
- 52) Какой размер принимают за исходное (замыкающее) звено при расчёте технологических размеров?
- 53) Какие показатели точности детали не зависят от выбора технологических баз при механической обработке?
- 54) Какие показатели точности детали зависят от выбора технологических баз при механической обработке?
- 55) Какие требования точности детали заносят в таблицу «Требования точности и их обеспечение»?
- 56) Как классифицируют поверхности детали по функциональному назначению и обозначают их символами?
- 57) Какие способы механической обработки плоскостей вы знаете?
- 58) Какие способы механической обработки наружных цилиндрических поверхностей вы знаете?
- 59) Назовите способы механической обработки отверстий.
- 60) Какие способы механической обработки пазов и шлицевых поверхностей вы знаете?
- 61) Перечислите способы механической обработки зубьев зубчатых колёс и шлицевых поверхностей.
- 62) Перечислите способы механической обработки фасонных поверхностей.
- 63) Какие способы нарезания резьб вы знаете?
- 64) Какие методы нарезания зубьев зубчатых колёс знаете?
- 65) Как повышают точность размеров при выполнении технологических переходов по стадиям механической обработки?

4 РАЗРАБОТКА МАРШРУТА ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВКИ

Разработка технологического маршрута – это решение сложной многовариантной задачи, в результате которого принимают общий план обработки детали, намечают содержание технологических операций в соответствии со стадиями обработки.

На этом этапе разрабатывают общий план обработки заготовки, выбирают методы обработки поверхностей заготовки, уточняют технологические базы, предварительно выбирают средства технологического оснащения, намечают схемы построения и содержание операций.

Технологический маршрут проектируют на основе выбранного аналога – подобного технологического маршрута либо базового, либо выбранного в технической литературе или справочнике.

Подобный маршрут является основой проектируемого маршрута. При изменении и дополнении подобного маршрута руководствуются следующими методическими соображениями. При проектировании рабочего технологического процесса необходимо разделить его на этапы, выполняемые в порядке возрастания точности этапа, то есть от черновых этапов к чистовым.

Различают три укрупнённые стадии обработки: черновую (обдирочную), чистовую и отделочную. В процессе черновой обработки снимают основную массу металла и обеспечивают взаимное расположение поверхностей. Эта стадия связана с действием силовых и тепловых факторов, что существенно влияет на точность окончательной обработки. После этой обработки часто вводят операции термообработки для снятия и уменьшения внутренних напряжений. Целью чистовой обработки является достижение заданной точности поверхностей детали и точности их взаимного расположения. Основное назначение отделочной обработки – обеспечение требуемой точности и шероховатости особо точных поверхностей.

Для решения этой задачи могут быть даны следующие методические указания:

1) Правильный выбор базовых поверхностей на операциях чистовой и отделочной обработки, обеспечивающих требования точности, заданные чертежом (методика выбора технологических баз и обеспечение требований точности рассмотрена в подразделе 3.2).

2) Сначала обрабатывают поверхности, которые впоследствии принимают за технологические базы.

3) После обработки поверхностей на первой операции и подготовки технологических баз ведут обработку поверхностей в соответствии с заданными размерами и очередностью получения поверхностей.

4) Обработку поверхностей производят в последовательности, обратной степени их точности, чем точнее должна быть поверхность, тем позже её обрабатывают.

5) В конце маршрута выносят обработку легкоповреждаемых поверхностей (наружные резьбы, острые кромки и другие элементы).

6) Для своевременного выявления раковин и других дефектов материала сначала производят черновую, а если требуется и чистовую обработку поверхностей, на которых эти дефекты не допускаются. В случае обнаружения дефектов заготовку либо бракуют, либо принимают меры для исправления брака.

7) Процесс обработки точных поверхностей обычно делят на стадии: черновую, чистовую и отделочную.

Основными целями разделения обработки на стадии являются:

- уменьшение влияния внутренних остаточных напряжений на окончательную точность деталей;
- уменьшение погрешностей технологической системы вследствие уменьшения больших нагрузок и тепловых деформаций;
- вынесение отделочной обработки в конец маршрута, что уменьшает риск случайного повреждения ответственных поверхностей при дальнейшей обработке и транспортировке;
- выполнение черновой обработки рабочими более низкой квалификации и использование более изношенного оборудования;
- увеличение долговечности использования точного оборудования на операциях окончательной обработки;
- повышение точности обработки вследствие использования нового точного оборудования.

На стадии черновой обработки появляются сравнительно большие погрешности, вызываемые деформациями технологической системы от сил резания и сил закрепления заготовки, а также её интенсивный нагрев. Чередование черновой и чистовой обработок в одной операции не обеспечивает заданную точность. После черновой обработки наблюдаются наибольшие деформации заготовки в результате перераспределения остаточных напряжений в её материале. Группируя обработку по указанным стадиям, увеличивают разрыв во времени между черновой и отделочной обработками и позволяют более полно проявиться деформациям до их устранения на последней стадии обработки.

8) Если заготовку подвергают термической обработке, то технологический процесс делят на две части: до термической обработки и после неё. Часто после термической обработки предусматривают правку и повторную обработку точных поверхностей для устранения возможных короблений. Иногда требуется введение дополнительных «защитных» операций до, между или после термической обработки.

9) При разработке маршрута обработки заготовки необходимо предусматривать контрольные операции.

10) Перед контрольными операциями в технологическом процессе необходимо предусмотреть операции очистки и промывки заготовок и деталей, а также удаление с их поверхностей заусенцев.

Маршрут обработки валов [41]

Основными базами подавляющего большинства валов являются поверхности его опорных шеек. Однако использовать опорные шейки валов в качестве технологических баз для обработки всех поверхностей вала, как правило, затруднительно, особенно при условии сохранения принципа постоянства баз, что очень важно при автоматизации технологического про-

цесса. Поэтому за технологические базы принимают поверхности центровых отверстий с обоих торцов заготовки, что позволяет обрабатывать почти все наружные поверхности вала с установкой его в центрах. В связи с этим механическую обработку валов начинают с операции подготовки технологических баз – подрезки торцов и их зацентровки.

В зависимости от объема выпуска валов первую операцию производят на токарных, токарно-револьверных, фрезерно-центровальных и центровальных станках. Фрезерно-центровальные станки имеют две позиции, на которых последовательно производят фрезерование и зацентровку с двух сторон одновременно.

Наружные поверхности ступенчатых валов обтачивают на токарных, токарно-копировальных, горизонтальных многорезцовых станках, на вертикальных одношпиндельных и многошпиндельных автоматах, а также на токарных станках с копировальными устройствами.

При обработке валов в центрах для выдерживания размеров, параллельных оси вала от постоянной базы, рекомендуется применять плавающие передние центры с упором торца заготовки в корпус центра. Это позволит исключить ошибки по глубине зацентровки.

В мелкосерийном производстве экономически целесообразным может оказаться применение при обработке ступенчатых валов универсальных токарных станков с программным управлением типа 16K20T1. Оставаясь универсальными, такие станки допускают обработку по автоматическому циклу, что облегчает многостаночное обслуживание, допускают быструю и простую переналадку при обтачивании ступенчатых валов различных размеров по заранее разработанной программе.

В таблице 4.1 приведён полный технологический процесс обработки ступенчатых валов в серийном производстве.

Шлицы на валах нарезают фрезерованием, строганием, протягиванием и холодным накатыванием (в основном эвольвентных шлицев). В серийном производстве нарезают шлицы на шлицефрезерных или зубофрезерных станках червячной фрезой методом обкатки.

В качестве технологических баз используют центровые отверстия.

Более прогрессивным процессом образования шлицев методом снятия стружки является контурное шлицестрогание и шлицепротягивание.

Таблица 4.1 – Маршрут обработки валов в серийном производстве

Операция	Содержание операции	Оборудование
1	2	3
005	Отрезание заготовки	Фрезерно-отрезной станок
010	Термическая обработка	
015	Фрезерование торцов и зацентровка с двух сторон одновременно	Фрезерно-центровальный станок

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3
020	Черновая токарная обработка	Токарные полуавтоматы
025	Термическая обработка – улучшение	
030	Чистовая токарная обработка	Токарные полуавтоматы
035	Предварительное шлифование	Круглошлифовальные станки
040	Фрезерование шпоночных пазов	Консольно-фрезерные станки
045	Фрезерование шлицев	Шлицефрезерный станок
050	Фрезерование зубьев	Зубофрезерные станки
055	Закругление зубьев	Зубозакругляющий станок
060	Шевингование зубьев	Шевинговальные станки
065	Нарезание резьбы	Токарно-винторезные станки
070	Термическая обработка – закалка	
075	Окончательное шлифование поверхностей	Круглошлифовальные станки
080	Шлифование шлицев	Шлицешлифовальный станок
085	Шлифование зубьев	Зубошлифовальный станок
090	Калибровка резьбы и зачистка заусенцев	
095	Промывка	
100	Окончательный контроль	

Шпоночные пазы в зависимости от их формы обрабатывают пальцевыми или дисковыми фрезами.

Наружные резьбы на валах нарезают плашками различных конструкций, резьбонарезными головками, гребёнками и групповыми резьбовыми фрезами.

Маршрут обработки зубчатых колёс [19; 41]

По конструкции зубчатые колёса бывают: плоские типа дисков, колёса со ступицами, вал-шестерни. В зависимости от назначения зубчатые колёса изготовляют различной степени точности. Степень точности зубчатых колёс оказывает существенное влияние на маршрут механической обработки. Зубчатые колёса изготовляют из углеродистых сталей, легированных сталей, чугуна, пластмасс.

Наиболее сложными являются технологические процессы механической обработки зубчатых колёс пятой степени точности. В таблице 4.2 представлен технологический процесс изготовления зубчатого колеса 5-й степени точности.

Таблица 4.2 – Маршрут изготовления зубчатого колеса

Операция	Содержание операции	Оборудование
1	2	3
005 010	Заготовка штамповка. Контроль Предварительная токарная обработка наружных поверхностей, торцов и отверстия с одной стороны	Револьверный станок или патронный полуавтомат

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3
015	Предварительная обработка торца и отверстия с другой стороны	Револьверный станок или патронный полуавтомат
020	Термическая обработка – нормализация	
025	Получистовая токарная обработка с одной стороны по аналогии с операцией 010	Револьверный станок или патронный полуавтомат повышенной точности
030	Получистовая токарная обработка с другой стороны по аналогии с операцией 015	То же
035	Протягивание шлицевого отверстия по меньшему диаметру шлицев (под шлифование), по большему диаметру и боковым сторонам шлицев – окончательно	Вертикально-протяжной станок
040	Зачистка заусенцев на торце шлицевого отверстия	Станок для зачистки заусенцев
045	Предварительное шлифование базового торца и наружного диаметра венца с базированием на центральной шлицевой оправке по большему диаметру шлицев Если эту операцию не делают шлифованием, то подрезание торца и обтачивание венца выполняют на точном токарном станке при таком же базировании	Торцекруглошлифовальный станок
050	Предварительное шлифование отверстия шлицев по меньшему диаметру и по торцу ступицы	Внутришлифовальный станок с двумя кругами
055	Зубонарезание под шлифование (точность 8-я степень), базирование по меньшему диаметру шлицев	Зубофрезерный полуавтомат
060	Зубозакругление	Зубозакругляющий станок
065	Зубозачистная, базирование по внутреннему отверстию шлицев и торцу	Зубозачистной станок
070	Термическая обработка – нитроцементация, закалка, отпуск низкий	
075	Притирка боковых сторон шлицев чугуном притиром и пастой (карбид бора с керосином). База – торец и диаметр венца	Вертикальный специальный притирочный станок
080	Предварительное шлифование по наружному диаметру зубьев венца и торцу на специальной центральной оправке с базированием по большому диаметру шлицев	Торцекругло-шлифовальный станок
085	Предварительное шлифование отверстия по 6-му качеству и торца ступицы с базированием по торцу и наружному диаметру зубчатого венца	Внутришлифовальный станок с двумя кругами

Окончание таблицы 4.2

1	2	3
090	Предварительное шлифование зубьев на центральной оправке с точностью 6-ой степени с базированием по меньшему диаметру шлицев	Зубошлифовальные станки
095	Проверять микротрещины на дефектоскопе	
100	Искусственное старение	
105	Окончательное шлифование наружного диаметра венца и базового торца на центральной круглой оправке малой конусности; допускаемое биение торца и венца – не более 0,003...0,005 мм, шероховатость Ra 0,32. Базирование по меньшему диаметру шлицев, выполненному по 6-му качеству	Термический цех Круглошлифовальный станок повышенной точности
110	Окончательное шлифование отверстия шлицев и торца ступицы с выхаживанием до 6-го качества и шероховатостью Ra 0,16. Базирование по торцу и наружному диаметру венца	Внутришлифовальный станок класса В с двумя кругами
115	Тонкое шлифование зубьев на станке класса А на центральной оправке с базированием по шлицевому отверстию меньшего диаметра	Зубошлифовальный станок с червячным абразивом, класс А
	Контроль зубчатого колеса	

Маршрут обработки корпусных деталей [23; 39; 41]

При разработке технологического процесса изготовления корпусной детали необходимо учитывать следующие основные требования:

- а) наличие удобных и надёжных баз;
- б) простановка размеров и определение точности положения обрабатываемых поверхностей относительно баз;
- в) простота геометрической формы детали, допускающая полную механическую обработку без смены баз;
- г) открытые для сквозной обработки наружные плоскости и расположение в этих плоскостях обрабатываемых поверхностей бобышек и платиков;
- д) гладкие, сквозные отверстия с минимальным количеством ступеней, диаметры ступеней должны уменьшаться от периферии к центру детали;
- е) перпендикулярность торцов отверстий к их осям;
- ж) минимальное количество крепёжных отверстий;
- и) достаточная жёсткость детали, допускающая обработку высокопроизводительными методами.

При выборе базовых поверхностей следует использовать в качестве баз основные базы детали, осуществить принцип постоянства и принцип совмещения баз, простоту и надёжность закрепления заготовки.

Очень важным является правильный выбор со стабильными припусками способа получения заготовки.

Технологический процесс механической обработки корпуса (рисунок 4.1) механизма перемещения пиноли задней бабки токарного станка с ЧПУ представлен в таблице 4.3.

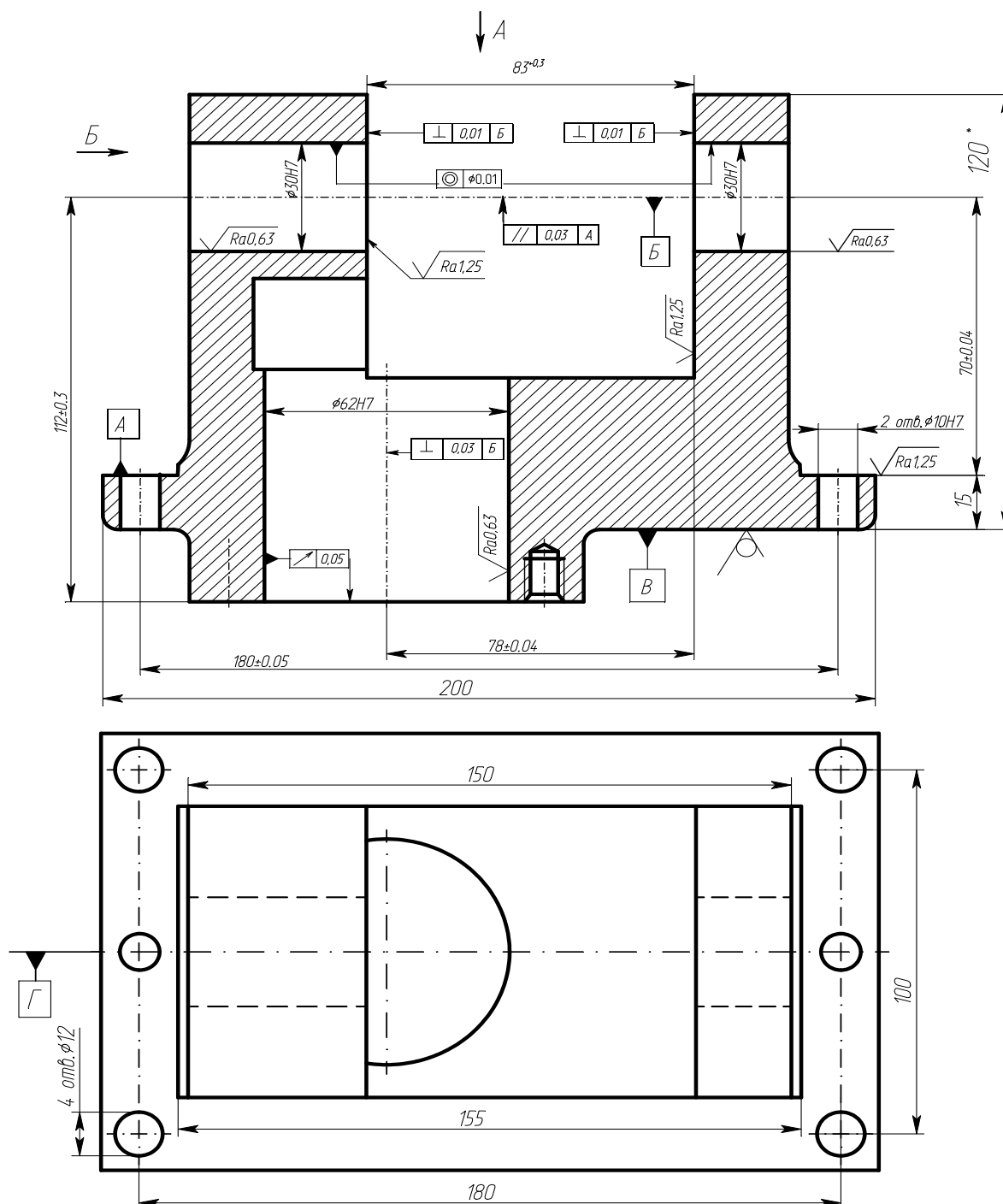


Рисунок 4.1

Таблица 4.3 – Маршрут обработки корпуса

Операция	Содержание операции, базирование и оборудование
005	Контрольная. Проверка исходных заготовок
010	Фрезеровать поверхности A предварительно с двух сторон заготовки в размер 16 (15+1) с базированием по поверхности B , по оси наружной поверхности с отверстием Ø62Н7, и по оси Г симметрии детали; горизонтально-фрезерный станок
015	Зацентровка шести отверстий. Сверление двух отверстий Ø9,8; сверление четырёх отверстий Ø12; развёртывание предварительное двух отверстий до Ø9,96. Базирование по поверхностям A , по оси наружной поверхности с отверстием Ø62Н7 и по оси Г симметрии детали; вертикально-сверлильный станок с ЧПУ
020	Черновое растачивание отверстий Ø30Н7 до Ø28. Базирование по поверхностям A и по двум отверстиям Ø9,96 мм; горизонтально-расточной станок
025	Черновое фрезерование торца в размер 113; черновое растачивание отверстия до Ø57; черновое растачивание второе до Ø60; зацентровка шести отверстий под резьбу; сверление шести отверстий под резьбу Ø6,8. Базирование по поверхностям A и по двум отверстиям Ø9,96 мм; многоцелевой вертикальный станок
030	Черновое фрезерование глубокого паза шириной до 80 мм. Базирование по поверхностям A и по двум отверстиям Ø9,96 мм; вертикально-фрезерный станок
035	Термическая обработка
040	Чистовое фрезерование поверхностей A под шлифование. Базирование по поверхности B и по двум отверстиям Ø9,96 мм; горизонтально-фрезерный станок повышенной точности
045	Шлифование поверхностей A в размер 15 мм. Базирование по поверхности B и по двум отверстиям Ø9,96 мм; плоскошлифовальный станок
050	Чистовое фрезерование торца в размер 112±0,3; Чистовое растачивание отверстия до Ø61,5; Развёртывание отверстий Ø10Н7 окончательно. Базирование по поверхностям A и по двум отверстиям Ø9,96; многоцелевой вертикальный станок
055	Чистовое фрезерование глубокого паза шириной 83 ^{+0,3} . Базирование по поверхностям A и по двум отверстиям Ø10Н7; вертикально-фрезерный станок повышенной точности
060	Чистовое растачивание отверстий Ø30Н7 до Ø29,8; тонкое растачивание отверстий Ø30Н7 до Ø29,93; окончательное растачивание отверстий Ø30Н7. Базирование по поверхностям A и по двум отверстиям Ø10Н7; горизонтально-расточной станок повышенной точности
065	Тонкое растачивание отверстий Ø62Н7 до Ø61,92; окончательное растачивание отверстий Ø62Н7; снятие фасок на резьбовых отверстиях; нарезание резьбы в шести отверстиях М8. Базирование по поверхностям A и по двум отверстиям Ø10Н7; многоцелевой вертикальный станок повышенной точности
070	Технический контроль

Основные термины и понятия

Принцип совмещения (единства) баз – это принцип, при котором в качестве технологических баз принимают поверхности, являющиеся конструкторскими (измерительными) базами для рассматриваемого размера или требования положения. Принцип совмещения баз позволяет исключить погрешность от несовмещения баз. Невыполнение этого принципа приводит к браку при механической обработке или к расчёту технологических более точных размеров, чем точность размеров, заданных конструктором.

Принцип постоянства баз – это принцип, при котором на различных операциях механической обработки и получения требуемой точности используют один и тот же комплект технологических баз. Преимущества: обеспечивает высокую точность положения поверхностей; простую и однообразную технологическую оснастку.

Маршрут обработки – (путь) последовательность обработки поверхностей заготовки для получения детали.

Обработка – действие, направленное на изменение свойств предмета труда при выполнении технологического процесса [49].

Черновая обработка – обработка, в результате которой снимается основная часть припуска [49].

Чистовая обработка – обработка, в результате которой достигают заданной точности размеров и шероховатости обрабатываемых поверхностей [49].

Тонкая обработка – обработка, в результате которой достигают высокой точности размеров и шероховатости обрабатываемых поверхностей.

Отделочная или финишная обработка – обработка, в результате которой достигают самого высокого качества обрабатываемых поверхностей [17].

Термическая обработка (термообработка) – обработка, заключающаяся в изменении структуры и свойств материала заготовки вследствие тепловых воздействий [49].

Закалка – вид термической обработки металлов и их сплавов (нагрев, а затем быстрое охлаждение). Закалка стали приводит к получению в её структуре мартенсита, характеризующегося высокой твёрдостью.

Отжиг – вид термической обработки металлов и их сплавов, главным образом сталей и чугунов, заключающийся в нагреве до определённой температуры, выдержке и последующем, обычно медленном, охлаждении. Цели отжига – снижение твёрдости для улучшения обрабатываемости, улучшение структуры и достижение большей однородности металла, снятие внутренних напряжений.

Нормализация – термическая обработка стали, заключающаяся в её нагреве до температуры аустенитного состояния (примерно до 750...950 °С), выдержке и последующем охлаждении на воздухе. Нормализацию производят для повышения механических свойств стали, для улучшения обрабатываемости стали резанием.

Старение сплавов – изменение строения и свойств металлов и сплавов, протекающее либо в процессе длительной выдержки при комнатной температуре (естественное старение), либо при нагреве (искусственное старение). Старением стабилизируют внутренние напряжения.

Литература: [4; 6; 9; 13; 16; 20; 23; 24; 25; 27; 34; 36; 37; 39; 41; 42].

Контрольные вопросы

- 1) *Какие поверхности надо обрабатывать в первую очередь?*
- 2) *Какие рекомендации учитывают на начальном этапе обработки?*
- 3) *Что означает термин «маршрут обработки»?*
- 4) *Какие рекомендации учитывают при разработке маршрута в зависимости от степени точности обрабатываемых поверхностей?*
- 5) *Какие рекомендации учитывают при выявлении дефектов?*
- 6) *Какие рекомендации учитывают при обработке поверхностей в конце технологического процесса?*
- 7) *Как называют стадии обработки?*
- 8) *Каковы цели разделения черновой обработки от чистовой обработки по различным операциям?*
- 9) *Какая операция предшествует операции контроля?*
- 10) *Что означает термин «принцип совмещения (единства) баз»?*
- 11) *Что обеспечивает принцип совмещения (единства) баз?*
- 12) *Что означает термин «принцип постоянства баз»?*
- 13) *Что обеспечивает принцип постоянства баз?*
- 14) *Что означает термин «обработка»?*
- 15) *Что означает термин «черновая обработка»?*
- 16) *Какие цели преследует черновая обработка?*
- 17) *Что означает термин «чистовая обработка»?*
- 18) *Какие цели преследует чистовая обработка?*
- 19) *Что означает термин «тонкая обработка»?*
- 20) *Что означает термин «отделочная (финишная) обработка»?*
- 21) *Что означает термин «термическая обработка»?*
- 22) *Как называют основные поверхности валов?*
- 23) *Какие поверхности принимают за базы при обработке валов?*
- 24) *Какие требования по технологичности предъявляют к корпусным деталям?*
- 25) *Какие применяют способы обработки шлицев на валах?*
- 26) *С какой целью применяют плавающие центры?*
- 27) *Что означает термин «закалка»?*
- 28) *Что означает термин «отжиг»?*
- 29) *Что означает термин «нормализация»?*
- 30) *Что означает термин «старение сплавов»?*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной части учебного пособия освещены состав, объём, структурное построение, общие правила выполнения технологических задач при разработке единичных технологических процессов механической обработки для курсовых и дипломных проектов. По каждому этапу приведены методические указания и примеры выполнения рассматриваемых задач при разработке технологических процессов механической обработки.

Изложенный материал пособия позволяет студентам правильно применить на практике теоретические знания, полученные в процессе обучения, рационально использовать свой практический опыт при прохождении производственных практик, подготовиться к самостоятельной работе при выполнении курсовых и дипломных проектов по специальности «Технология машиностроения».

В данной работе по каждому этапу приведёна методика и последовательность решения технологических задач, перечень контрольных вопросов. Серьёзное изучение контрольных вопросов необходимо для становления хорошего специалиста. Знания, полученные при выполнении курсовых проектов, помогут в дальнейшем для решения технологических задач как при выполнении и защите дипломного проекта, так и для уверенной работы на производстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Учебники, учебные пособия, стандарты

1 Балакшин, Б. С. Теория и практика технологии машиностроения : в 2 кн. Кн. 1. Технология станкостроения / Б. С. Балакшин. – М. : Машиностроение, 1982. – 239 с.

2 Балакшин, Б. С. Теория и практика технологии машиностроения : в 2 кн. Кн. 2. Основы технологии машиностроения / Б. С. Балакшин. – М. : Машиностроение, 1982. – 367 с.

3 Великанов, К. М. Экономика и организация производства в дипломных проектах : учеб. пособие для вузов / К. М. Великанов, В. Ф. Власов, К. С. Карандашова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1977. – 208 с.

4 Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбачевич, В. Н. Чеботарев [и др.]. – Минск : Вышэйш. шк., 1975. – 288 с.

5 Гузеев, В. И. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением : справ / В. И. Гузеев, В. А. Батуев, И. В. Сурков ; под ред. В. И. Гузеева. – М. : Машиностроение, 2005. – 368 с.

6 Данилевский, В. В. Технология машиностроения : учеб. для техникумов / В. В. Данилевский. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1972. – 544 с.

7 Димитрюк, О. К. Технология машиностроения в вопросах и ответах : учеб. пособие / О. К. Димитрюк, С. О. Димитрюк. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КнАГТУ», 2005. – 139 с.

8 Димитрюк, О. К. Технология сборки : учеб. пособие / О. К. Димитрюк. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КнАГТУ», 2005. – 65 с.

9 Технология машиностроения : учеб. для втузов / М. Е. Егоров [и др.]. – 2-е изд., доп. М. : Высш. шк., 1976. – 534 с.

10 Захаров, Б. В. Толковый словарь по машиностроению. Основные термины / Б. В. Захаров, В. С. Киреев, Д. Л. Юдин ; под ред. А. М. Дальского. – М. : Русский язык, 1987. – 304 с.

11 Пособие к решению задач по курсу «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения» : учеб. пособие для вузов / Н. Н. Зябрева [и др.]. – М. : Высш. шк., 1977. – 204 с.

12 Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учеб. для студентов машиностроит. спец. вузов / А. Н. Ковшов. – М. : Машиностроение, 1987. – 320 с.

13 Колесов, И. М. Основы технологии машиностроения : учеб. для машиностроит. спец. вузов / И. М. Колесов. – 2-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 1999. – 591 с.

14 Кутай, А. К. Справочник контрольного мастера / А. К. Кутай, А. Б. Романов, А. Д. Рубинов ; под ред. д-ра техн. наук А. К. Кутая. – Л. : Лениздат, 1980. – 304 с.

15 Марков, А. Л. Краткий справочник контрольного мастера машиностроительного завода / А. Л. Марков, Ф. П. Волосевич. – Л. : Машиностроение, 1973. – 312 с.

16 Маталин, А. А. Технология машиностроения : учеб. для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / А. А. Маталин. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. – 496 с.

17 Усков, М. К. Машиностроение. Терминологический словарь / под общ. ред. М. К. Ускова, Э. Ф. Богданова. – М. : Машиностроение, 1995. – 592 с.

18 Машиностроение. Терминология : справ. пособие. – Вып. 2. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 432 с.

19 Мельников, Н. Ф. Технология машиностроения / Н. Ф. Мельников, Б. Н. Бристолю, В. И. Дементьев. – 2-е изд., перераб. и доп. М. : Машиностроение, 1977. – 327 с.

20 Мосталыгин, Г. П. Технология машиностроения : учеб. для вузов по инженерно-экономическим специальностям / Г. П. Мосталыгин, Н. Н. Толмачевский. – М. : Машиностроение, 1990. – 288 с.

21 Нефедов, Н. А. Дипломное проектирование в машиностроительных техникумах : учеб. пособие для техникумов / Н. А. Нефедов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1986. – 239 с.

22 Новиков, М. П. Основы технологии сборки машин и механизмов / М. П. Новиков. – 5-е изд., испр. – М. : Машиностроение, 1980. – 592 с.

23 Обработка металлов резанием : справ. технолога / А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988. – 736 с.

24 Балакшин, Б. С. Основы технологии машиностроения / Б. С. Балакшин. – М. : Машиностроение, 1969. – 558 с.

25 Основы технологии машиностроения. Учеб. для вузов ; под ред. В. С. Корсакова. – 3-е изд., доп. и перераб. М. : Машиностроение, 1977. – 416 с.

26 Политехнический словарь / редкол.: А. Ю. Ишлинский (гл. ред.) [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Советская энциклопедия, 1989. – 656 с.

27 Проектирование технологии : учеб. для студентов машиностроительных специальностей вузов / И. М. Баранчукова, А. А. Гусев [и др.] ; под общ. ред. Ю. М. Соломенцева. – М. : Машиностроение, 1990. – 416 с.

28 Пронин, А. И. Руководство к дипломному проектированию по технологии машиностроения : учеб. пособие / А. И. Пронин. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КнАГТУ», 2004. – 102 с.

29 Чарнко, Д. В. Основы выбора технологического процесса механической обработки / Д. В. Чарнко. – М. : Машгиз, 1963. – 320 с.

30 Размерный анализ технологических процессов / В. В. Матвеев, М. М. Тверской [и др.]. – М. : Машиностроение, 1982. – 264 с.

31 Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения : учеб. пособие для машиностроит. вузов по спец. «Технология машиностроения», «Металлорежущие станки и инструменты» / В. И. Аверченков, О. А. Горленко [и др.] ; под общ. ред. О. А. Горленко. – М. : Машиностроение, 1988. – 192 с.

32 Солонин, И. С. Расчет сборочных и технологических размерных цепей / И. С. Солонин, С. И. Солонин. – М. : Машиностроение, 1980. – 110 с.

33 Справочник нормировщика / А. В. Ахумов, Б. М. Генкин [и др.] ; под общ. ред. А. В. Ахумова. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1986. – 458 с.

34 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Суслова. – 5-е изд., испр. – М. : Машиностроение-1, 2003. – 912 с.

35 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / под ред. А. М. Дальского, А. Г. Суслова, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – 5-е изд., испр. – М. : Машиностроение-1, 2003. – 944 с.

36 Старостин, В. Г. Формализация проектирования процессов обработки резанием / В. Г. Старостин, В. Е. Лелюхин. – М. : Машиностроение, 1986. – 136 с.

37 Танкова, С. Г. Основы технологии машиностроения : учеб. пособие / С. Г. Танкова, О. К. Димитрюк. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КнАГТУ», 2004. – 166 с.

38 Технологичность конструкций изделий : справ. / Т. К. Алферова, Ю. Д. Амиров, П. Н. Волков [и др.] ; под ред. Ю. Д. Амирова. М. : Машиностроение, 1985. – 368 с.

39 Технология машиностроения : в 2 кн. Кн. 1. Основы технологии машиностроения : учеб. пособ. для вузов / Э. Л. Жуков, И. И. Козарь, С. Л. Мурашкин [и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина. – 2-е изд., доп. – М. : Высш. шк., 2005. – 278 с.

40 Технология машиностроения : в 2 кн. Кн. 2. Производство деталей машин : учеб. пособ. для вузов / Э. Л. Жуков, И. И. Козарь, С. Л. Мурашкин [и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина. – 2-е изд., доп. – М. : Высш. шк., 2005. – 295 с.

41. Технология машиностроения (специальная часть) / Б. Л. Беспалов, Д. В. Чарнко [и др.]. – М. : Машиностроение, 1973. – 448 с.

42 Худобин, Л. В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов /Л. В. Худобин, В. Ф. Гурьянихин, В. Р. Берзин. – М. : Машиностроение, 1989. – 288 с.

43 Якушев А. И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения : учеб. / А. И. Якушев. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1979. – 343 с.

44 **ГОСТ 2.303-68.** ЕСКД. Линии. – Введ. 01.01.71. – М. : Стандартиформ, 2007. – 6 с.

45 **ГОСТ 2.307-68.** ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений. – Введ. 01.01.71. – М. : Стандартиформ, 2007. – 21 с.

46 **ГОСТ 2.309-73.** ЕСКД. Обозначения шероховатости поверхностей. – Взамен ГОСТ 2.309-68 ; введ.01.01.75. – М. : Стандартиформ, 2007. – 7 с.

47 **ГОСТ 3.1102-81.** ЕСТД. Стадии разработки и виды документов. – Введ. 01.01.75. – М. : Изд-во стандартов, 1982. – 12 с.

48 **ГОСТ 3.1105-84.** ЕСТД. Формы и правила оформления документов общего назначения. – Введ. 01.01.86. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 19 с.

49. **ГОСТ 3.1109-82.** ЕСТД. Термины и определения основных понятий. – Введ. 01.01.83. – М. : Изд-во стандартов, 1985. – 18 с.

50 **ГОСТ 3.1118-82.** ЕСТД. Формы и правила оформления маршрутных карт. – Введ. 01.01.84. – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 22 с.

51 **ГОСТ 3.1404-86** ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием. – Введ. 01.07.87. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 56 с.

52 **ГОСТ 3.1702-79** ЕСТД. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием. – Введ. 01.01.81. – М. : Изд-во стандартов, 1980. – 32 с.

53 **ГОСТ 8.051-81** ГСИ. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм. – Введ. 01.01.82. – М. : Изд-во стандартов, 1985. – 10 с.

54 **ГОСТ 14.205-83**. Технологичность конструкции изделий. Термины и определения. – Введ. 01.07.83. – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 5 с.

55 **ГОСТ 21495-76**. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения. – Введ. 01.01.77. – М. : Изд-во стандартов, 1976. – 35 с.

56 **ГОСТ 24642-81**. Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения. – Введ. 01.01.81. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 68 с.

Методические указания

57 Базирование и базы при изготовлении деталей : методическая разработка / сост. Н. И. Смирнов. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре политехн. ин-т, 1978. – 30 с.

58 Выбор исходной заготовки : методические указания к выполнению практических, курсовых работ по дисциплине «Технология машиностроения» и дипломной работы для студентов специальности 1201 дневной и заочной форм обучения / сост. : О. К. Димитрюк, Г. В. Тарануха, С. О. Димитрюк. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т, 1998. – 28 с.

59 Выбор системы базирования : методическая разработка / сост. Н. И. Смирнов. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре политехн. ин-т, 1977. – 36 с.

60 Выбор технологических баз. Разработка системы базирования : методические указания к выполнению контрольных и курсовых работ, курсовых и дипломных проектов по дисциплинам «Технология машиностроения» и «Проектирование технологической оснастки» для студентов специальности 120100 дневной и заочной форм обучения / сост. : О. К. Димитрюк, А. С. Хвостиков, Л. М. Хруль. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КнАГТУ», 2003. – 27 с.

61 Дипломное проектирование. Общие требования : методические указания к выполнению дипломного проекта для студентов специальности 120100 всех форм обучения / сост. : С. Г. Танкова, А. К. Литовченко. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т, 1999. – 30 с.

62 Исходные данные и их анализ : методические указания по дисциплине «Технология машиностроения» для студентов специальности 151001 / сост. : Н. И. Смирнов, О. К. Димитрюк, Г. В. Тарануха [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КнАГТУ», 2008. – 16 с.

63 Методическая разработка к выполнению курсового проекта по «Технологии машиностроения» студентами специальности 0501 / Ю. Г. Кабалдин. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре политехн. ин-т, 1979. – 32 с.

64 Методические рекомендации по планированию и оформлению рукописей учебной и научной литературы. – 2-е изд., перераб. и доп. / сост. Е. О. Колесникова. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КнАГТУ», 2006. – 80 с.

65 Методические указания по выполнению курсового проекта по технологии автоматизированного машиностроения / сост. : А. К. Литовченко, О. И. Медведева. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре политехн. ин-т, 1989. – 24 с.

66 Методические указания по оформлению и заполнению технологической документации / сост. : С. Г. Танкова, О. И. Медведева, О. К. Димитрюк. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре политехн. ин-т, 1993. – 12 с.

67 Определение типа производства : методические указания к курсовому и дипломному проектированию / сост. О. К. Димитрюк, Г. В. Тарануха. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КнАГТУ», 2008. – 12 с.

68 Правила оформления документации на единичные технологические процессы с применением станков с ЧПУ : методические указания к выполнению курсового проекта по технологии машиностроения / сост. : А. К. Литовченко, О. И. Медведева. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре политехн. ин-т, 1987. – 28 с.

69 Разработка системы базирования (для специальности 0501) : методические указания / сост. О. К. Димитрюк. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре политехн. ин-т, 1985. – 31 с.

70 Смирнов, Н. И. Дипломное проектирование. Требования к технологическим разделам : учеб.-метод. разработка для студентов специальности 0501. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре политехн. ин-т, 1980. – 20 с.

71 **РД ФГБОУ ВПО «КнАГТУ» 013-2011.** Текстовые студенческие работы. Правила оформления. – Введ. 2011-10-01. Взамен РД ГОУВПО «КнАГТУ» 013-2009. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2011. – 50 с.

72 **РД ФГБОУ ВПО «КнАГТУ» 014-2011.** Конструкторская документация. Правила оформления. – Введ. 2011-09-20. Взамен РД ГОУВПО «КнАГТУ» 014-2004. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2011. – 55 с.

Учебное издание

**Димитрюк Олег Калинович
Димитрюк Сергей Олегович
Танкова Светлана Геннадьевна**

**ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ.
КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Часть 2

Учебное пособие

Научный редактор кандидат технических наук, доцент А. И. Пронин

Редактор А. Г. Князева

Подписано в печать 21.03.2012.

Формат 60 × 84 1/16. Бумага писчая. Ризограф FR3950EP-α.
Усл. печ. л. 7,66. Уч.-изд. л. 7,38. Тираж 75 экз. Заказ 24715.

Редакционно-издательский отдел Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»
681013, Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.

Полиграфическая лаборатория Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»
681013, Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.