

**Министерство образования Республики Беларусь**

**Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»**

**Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»**

## **ТЕХНОЛОГИЯ СТАНКОСТРОЕНИЯ**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ  
к курсовому проектированию для студентов  
специальности 1-36 01 03 «Технологическое  
оборудование машиностроительного производства»  
дневной формы обучения**

**Гомель 2019**

УДК 621.9.06(075.8)  
ББК 34.63-5я73  
Т38

*Рекомендовано научно-методическим советом  
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 10 от 25.06.2018 г.)*

Составители: *М. И. Михайлов, З. Я. Шабакаева, Д. В. Никитенко*

Рецензент: проф. каф. «Гидропневмоавтоматика» ГГТУ им. П. О. Сухого  
д-р техн. наук, доц. *В. В. Пинчук*

**Технология** станкостроения : учеб.-метод. пособие к курсовому проектированию для студентов специальности 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» днев. формы обучения / сост.: М. И. Михайлов, З. Я. Шабакаева, Д. В. Никитенко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. – 78 с. – Систем. требования: РС не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Описана методика выполнения курсового проекта. Приведено краткое его содержание, а также примеры формирования маршрутной технологии и выбора схем базирования.

Для студентов специальности 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» дневной формы обучения.

УДК 621.9.06(075.8)  
ББК 34.63-5я73

© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2019

Курсовой проект по технологии станкостроения, выполняемый в ходе учебного процесса, очевидно, не может в полной мере соответствовать проектам, которые составляются в производственных условиях, так как студент-проектант в данном случае еще не располагает достаточным опытом. Кроме того, в учебных целях в проекте выполняется ряд работ, преимущественно расчетного характера, не всегда осуществляемых в производственных условиях. Тем не менее учебный проект должен по возможности ориентироваться на методы проектирования и оформления, принятые на производстве, особенно в части оформления технической документации. Это оформление должно по возможности соответствовать документам, предусматриваемым стандартами ЕСКД и ЕСТД. Так как курсовой проект представляет собой сочетание технологических и конструкторских разработок, то в его состав могут входить следующие документы;

1. Задание на проектирование (ПЗ), составленное и утвержденное согласно положению о курсовом проектировании.
2. Расчетно-пояснительная записка (РПЗ), представляющая собой все необходимые технические и технико-экономические расчеты, дающие обоснование принятых проектантом решений.
3. Разработанный и оформленный на картах технологический процесс механической обработки детали.
4. Графическая часть проекта, включающая: а) чертеж детали; б) чертеж заготовки в случае, если совмещение чертежа детали и заготовки невозможно или нецелесообразно; в) чертежи технологических операционных эскизов; г) сборочные чертежи (СБ) приспособления для механической обработки и контроля.

В основном курсовой проект соответствует разработке документации на стадии технического проекта, за исключением таких, например, элементов проекта, как чертеж детали или заготовки, а также сборочный чертеж приспособления, которые выполняются как части рабочего проекта; к последнему поэтому должна быть составлена спецификация.

При курсовом проектировании оформляется как часть проекта научно-исследовательская студенческая работа, основанием для которой служат, как правило, исследования, выполненные студентом во время прохождения технологической практики. Такого рода работы могут быть проведены, например, в области исследований точности механической обработки и качества поверхности в производственных условиях повышения производительности обработки, эффективности использования оборудования, исследования реальной стойкости режущих инструментов, исследования новых методов и процессов и ряда других вопросов, определяемых потребностями и особенностями производства, на котором студент проходил технологическую практику, или тематикой исследований, проводимых на кафедре.

## 1. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

1. Дать описание конструкции и назначения детали на основании данных чертежа самой детали, а также сборочных чертежей и других материалов, например литературных источников (инструкций к оборудованию, куда входит деталь и т.п.).

2. Произвести технологический контроль чертежа детали и выполнить анализ технологичности конструкции с учетом возможного влияния на конструктивные элементы заданного масштаба производства.

3. На основании исходных данных задания на проектирование определить тип производства и для серийного производства рассчитать количество деталей в партии.

4. Определить служебное назначение рабочих поверхностей детали и указать требуемую топографию и остаточные напряжения в поверхностном слое.

5. Выбрать схемы срезания припуска и схемы формообразования поверхностей.

6. Наметить варианты технологических маршрутов механической обработки.

7. Произвести укрупненный технико-экономический расчет для сопоставления вариантов технологических маршрутов и выбрать оптимальный для данных условий.

8. Произвести аналитический расчет припусков на обработку двух поверхностей детали. На остальные обрабатываемые поверхности назначать припуски, пользуясь табличными данными.

9. Оформить чертежи детали и заготовки.

10. Выбрать оборудование, технологическую оснастку и режущие инструменты.

11. Произвести размерный анализ технологических наладок.

12. На основании выбранного технологического маршрута окончательно составить технологический процесс с учетом всех необходимых дополнительных операций.

13. Выполнить операционные эскизы на картах эскизов для тех операций технологического процесса, где они необходимы.

14. Записать в операционные карты технологического процесса исходные данные для расчетов режимов резания и основного времени.

15. Рассчитать по нормативам (таблицам) режимы резания на операции (переходы) технологического процесса и произвести нормирование; записать значения норм времени и их составляющих в операционные карты.

16. Определить требуемое количество оборудования по операциям процесса и произвести анализ по технологическим возможностям, стойкости инструмента и коэффициентам загрузки оборудования ( по основному времени и по

энергоемкости).

17. Произвести, где это необходимо, корректировку режимов и нормирования операций с целью их синхронизации.

18. Установить разряды работы, определить расценки на каждую операцию и записать эти данные в операционные карты.

19. Окончательно оформить операционные карты технологического процесса и заполнить маршрутную карту.

20. Уточнить конструкции станочного и контрольного приспособлений, построить их схемы и выполнить необходимые точностные и силовые расчеты.

21. Вычертить конструкции приспособлений.

22. Окончательно оформить расчетно-пояснительную записку.

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ОТДЕЛЬНЫХ ЭТАПОВ

Основы методологии разработки ТП отражены в стандартах единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП). Общие правила разработки ТП изложены в рекомендации Р50-54-93-88.

Разрабатываемые ТП должны быть прогрессивными, обеспечивать повышение производительности труда и качества изготавливаемых изделий, сокращение трудовых и материальных затрат на их реализацию, обеспечивать выполнение всех требований безопасности труда, а также быть экологически чистыми, без вредных, недопустимых воздействий; на окружающую среду [1].

По назначению разрабатываемые ТП разделяют на рабочие (с ориентацией на конкретные производства с их оборудованием в соответствии с традициями) и проектные (перспективные), ориентированные на все прогрессивное и перспективное.

В зависимости от количества наименований изделий, для которых разрабатывается ТП (одно изделие, группа однотипных и разнотипных изделий), ТП разделяют на три вида: единичные, типовые и групповые.

По степени детализации содержания ТП в документах единой системы технологической документации (ЕСТД) различают ТП маршрутные, операционные и маршрутно-операционные. Общими для названных видов ТП являются основные этапы их разработки [1].

Рабочие чертежи деталей должны быть выполнены в соответствии с ЕСКД (ГОСТ 2.001-93) и содержать:

- необходимое число проекций видов, разрезов и сечений, позволяющих иметь правильное представление о форме детали; обозначение всех допусков на все параметры точности детали;
- указания о требуемой шероховатости для всех поверхностей, подлежащих механической обработке;
- указания о материале детали, его твердости и термической обработке, что необходимо для правильного назначения режимов резания;
- технические условия изготовления и условия, которые должны быть обеспечены для правильной сборки деталей в сборочной единице.

Данные о заготовке включают: чертеж и технические условия на изготовление, метод получения (литье, штамповка, прокатка и т.д.), точность изготовления (приложение А таблицы 20,21).

Объем программного задания зависит от заданного числа выпускаемых изделий определенного наименования, типоразмера и исполнения в течение планируемого интервала времени. ГОСТ 14.004-83 определяет тип предполагаемого производства и позволяет установить рациональный вид ТП на основе необходимых расчетов экономической эффективности раз-

личных вариантов технологической оснастки и специального оборудования. В условиях массового и серийного производства на основании программного задания устанавливают такт выпуска изделий.

Технологические процессы разрабатываются на изделия, конструкции которых отработаны на технологичность. Поэтому первым (подготовительным) этапом работ по проектированию является ознакомление с назначением и конструкцией объектов производства, требованиями к их изготовлению и эксплуатации и оценка технологичности конструкций.

Обеспечение технологичности конструкции изделий является одной из основных функций подготовки производства, предусматривающей взаимосвязанное решение конструкторских и технологических задач, направленных на повышение производительности труда, достижение оптимальных трудовых и материальных затрат и сокращение времени на производство, в том числе и техническое обслуживание и ремонт изделия вне предприятия-изготовителя.

Анализ технологичности проводится в соответствии с требованиями стандартов ЕСТПП.

Существует достаточно большое число методик определения типа производства по известным номенклатуре изготавливаемых изделий и годовой программе их выпуска. В данной работе приведены две из таких методик, получившие большую известность.

Для деталей большинства изделий машиностроения применяются практически все известные виды заготовок. Основными из них являются сортовой материал и профильный прокат, штампованные заготовки, а также разнообразные виды отливок. Выбор заготовки определяется физико-химическими свойствами материала деталей, их конструктивными формами и размерами, характером нагрузок, воспринимаемых деталями в процессе функционирования изделия, а также типом производства.

Сортовой материал применяется во всех типах производства для заготовок деталей, конфигурация которых близка к профилю сортового материала, когда нет значительной разницы в поперечных сечениях детали. Сортовой материал применяют также в случаях, когда по причине малой программы другие виды заготовок экономически невыгодны. При применении профильного проката в серийном и массовом производствах условия аналогичны.

Наиболее широкое распространение имеют поковки, полученные горячей штамповкой. Это объясняется их высокими прочностными характеристиками по сравнению с другими видами заготовок, полученных из того же металла или сплава. Широкому применению поковок способствует также высокая производительность, точность заготовки, высокий коэффициент использования материала и малая стоимость заготовки в условиях серийного и массового производств.

Литые заготовки получили преимущественное применение для корпусных деталей закрытого или открытого типа, кронштейнов, траверс, корпусов и крышек подшипников и редукторов, рычагов, шатунов, тройников и др. Основными видами литья являются литье в песчаные, металлические и оболочковые формы, литье под давлением, по выплавляемым моделям и центробежное. Литье в песчаные формы, изготовленные по металлическим моделям при машинной формовке, позволяет получить отливки большой массы при минимальной толщине стенок до 3...8 мм.

Литье в оболочковые формы применяют главным образом для ответственных фасонных отливок. Точность отливок 12... 14-го квалитетов, параметр шероховатости  $Rz = 40...10$  мкм. Такие же точность и параметры шероховатости достигаются и при литье в кокиль, которое экономически целесообразно применять в серийном и массовом производствах.

Литье под давлением преимущественное применение получило для сплавов цветных металлов: оно отличается высокой производительностью, широко используется в крупносерийном и массовом производствах. Точность отливок 11... 12-го квалитетов, параметр шероховатости  $Rz$  не более 20 мкм.

Литье по выплавляемым моделям — наиболее универсальный способ получения отливок повышенной точности. Центробежное литье применяется для заготовок, имеющих форму тел вращения; обеспечивает точность 13...15-го квалитетов и параметр шероховатости  $Rz$  до 40 мкм.

Одним из важнейших вопросов при разработке ТП является базирование заготовки. Правильно выполненная установка заготовок в процессе обработки должна обеспечить: определенность расположения детали относительно режущего инструмента или какого-либо устройства станка или приспособления; надежную связь между ними.

Число, форма и расположение базирующих поверхностей должны быть выбраны так, чтобы в общем случае обеспечить статически определенную и достаточно точную установку обрабатываемой детали. Для полной определенности в расположении детали на станке, как известно, необходимо связать соответственно расположенными опорами все шесть степеней свободы обрабатываемой заготовки. Однако полная определенность в установке заготовки требуется не всегда. Например, при шлифовании, фрезеровании, строгании или протягивании одной из параллельных плоскостей заготовки установка может быть произведена лишь по одной базирующей поверхности. Там, где возможно, необходимо применять указанные установки, поскольку при этом упрощается конструкция приспособления, снижается его материалоемкость и повышается производительность.

Пути повышения производительности операций ТП зависят от многих факторов технического и организационного характера.

К числу таких основных факторов, выбор рациональных решений по которым проводится при разработке ТП, относятся: конструкция, геомет-



рия и инструментальные материалы режущих инструментов; режимы резания, и прежде всего глубина резания, подача и скорость резания; состав и расход смазочно-охлаждающей жидкости; число переходов и рабочих ходов для обработки одних и тех же поверхностей в составе операции; число рабочих инструментов, одновременно выполняющих различные переходы; число рабочих инструментов, задействованных в одном и том же переходе.

При разработке ТП необходимо учитывать следующие положения, отражающие основные подходы к составлению технологического маршрута изготовления детали:

1. *Принцип дифференциального разделения ТП механической обработки на стадии.* Принято различать три стадии обработки: *черновую* (предварительную), *чистовую* и *отделочную* (окончательную). Которые выполняются в указанной последовательности для отдельных элементов и детали в целом. Реализация этого принципа позволяет во многих случаях более рационально использовать оборудование и обеспечить более высокое качество изготовления деталей. Часто этот принцип используют в пределах одной операции.

2. *Зависимость последовательности обработки от выбранной технологической базы.* Согласно этому принципу первоначально обрабатывают начисто, а иногда и окончательно, технологические базы, а затем обработка детали проводится в последовательности, обратной точности размеров обрабатываемых элементов (поверхностей) детали. Последними обрабатываются обычно поверхности наиболее точные и имеющие наибольшее значение для детали. В конце маршрута часто выносят обработку легко повреждаемых поверхностей, таких как наружные резьбы и др. Операции второстепенного характера (сверление мелких отверстий, снятие фасок, прорезание канавок, зачистка заусенцев и др.) также выполняются в последнюю очередь, на стадии чистовой обработки. Так, для рассматриваемой в качестве примера детали шлицевого вала в первую очередь должна быть выполнена фрезерно-центровальная операция - фрезерование торцов и сверление центровых отверстий, являющихся технологической базой, а завершающая - круглошлифовальная операция - тонкое шлифование по диаметру, являющемуся наиболее точным размером детали.

3. *Принцип выделения решающих операций.* По этому принципу вначале должны быть обработаны поверхности, при обработке которых могут проявляться дефекты заготовки. В случае обнаружения этих дефектов либо бракуют заготовку, либо принимают меры для исправления брака.

4. *Наличие в ТП операции термической обработки.* Если в процессе механической обработки заготовка подвергается термической обработке, то весь ТП разделяют на две части: до термической обработки и после нее. Такое разделение вызвано возможными деформациями заготовки в процессе термической обработки, в связи с чем после термической обработки

должна быть проведена обработка высокоточных элементов детали. В ряде случаев может быть введена дополнительная операция - правка детали.

5. *Принцип согласования времени выполнения отдельных операций.* Он непосредственно связан с загрузкой оборудования. В крупносерийном и массовом производствах выделяют в маршруте изготовления детали операции, которым необходимо обеспечить равенство или кратность времени их выполнения такту работы, обусловленному программным заданием, что, однако, может быть учтено только после нормирования операций.

6. *Наличие операций технического контроля.* Операции технического контроля обычно вводят после обработки, где вероятно повышенная доля брака, перед сложными и дорогостоящими операциями, после обработки наиболее ответственных рабочих поверхностей детали, а также в конце обработки.

## **2.1. Анализ технологичности детали**

Отработка конструкции на технологичность представляет собой комплекс мероприятий по обеспечению необходимого уровня технологичности конструкции по установленным показателям, направлена на повышение производительности труда, снижение затрат и сокращение времени на изготовление изделия при обеспечении необходимого его качества. Виды и показатели технологичности конструкции приведены в ГОСТ 18831-73, а правила отработки конструкции изделия и перечень обязательных показателей технологичности - в ГОСТ 14.201-83. Отработку конструкции на технологичность рекомендуется проводить в следующем порядке: подобрать и проанализировать исходные материалы, требующиеся для оценки технологичности конструкции; уточнить объем выпуска; проанализировать показатели технологичности базовой конструкции; определить показатели технологичности обрабатываемой детали; провести сравнительную оценку и расчет уровня технологичности конструкции разрабатываемого изделия; разработать мероприятия по улучшению показателей технологичности [12].

Оценка технологичности конструкции может быть двух видов: качественная и количественная. Качественная оценка характеризует технологичность конструкции обобщенно на основании опыта исполнителя и допускается на всех стадиях проектирования как предварительная. Количественная оценка выражается числовым показателем и рациональна в том случае, если эти показатели существенно влияют на технологичность рассматриваемой конструкции.

### **2.1.1. Содержание качественной оценки технологичности**

Анализируя технологичность конструкции по материалам, следует об-

ратить внимание на обрабатываемость, стоимость и дефицитность материалов, изучить возможности применения легкого, но более прочного материала или повышения физико-механических свойств имеющегося.

При анализе конструкции по геометрической форме поверхности необходимо убедиться в рациональности выбора формы и качества с учетом возможности применения высокопроизводительного оборудования и инструмента. Следует предусматривать как можно большее количество поверхностей детали без последующей механической обработки. Обрабатываемые поверхности должны быть более простыми, т.е. представлять собой плоскости, наружные и внутренние цилиндры, конусы и винтовые поверхности, так как точность и стабильность обработки в значительной степени определяются простотой конструктивных форм. Конструктивное оформление детали не должно препятствовать выбору наиболее выгодного раскроя материала и возможности использования отходов.

Оценка технологичности по простановке размеров связана с анализом нанесения размеров на чертеже детали, определением размерных связей между конструкторскими, технологическими и измерительными базами и возможности их совмещения. Особое внимание обращается на обоснованность значений допустимых предельных отклонений размеров детали. Размеры, определяющие ее нерабочие поверхности, могут иметь широкие допуски, а сами поверхности - большую шероховатость. Следует помнить, что чрезмерные требования к точности размеров и шероховатости поверхностей ведут к увеличению трудоемкости и перерасходу средств на изготовление деталей.

Технологичность заготовки характеризуется возможностью ее получения наиболее рациональным для данных производственных условий способом с максимально возможным приближением ее формы и размеров к форме и размерам готовой детали при условии обеспечения технологичности дальнейшей механической обработки заготовки. Окончательное решение о рациональности способа получения заготовки в ряде случаев можно принять лишь после расчета себестоимости деталей по сравниваемым вариантам.

### ***2.1.2. Содержание количественной оценки технологичности конструкции***

Количественная сравнительная оценка технологичности конструкции может быть осуществлена лишь при использовании соответствующих базовых показателей технологичности.

1. Уровень технологичности конструкции по точности обработки

$$K_{y.mch.} = \frac{n}{\sum T_i n_i},$$

где  $n, n_i, T_i$  - соответственно общее количество обрабатываемых размеров

деталей, точности обработки, количество размеров деталей по  $T_i$  точности обработки, точность обработки  $i$ -ой поверхности  $T_i$

2. Уровень технологичности конструкции по шероховатости поверхности

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{ср}} = \frac{\sum n_{im}}{\sum Шn_{im}},$$

где  $Ш_{ср} = \frac{\sum n_{im}}{\sum Шn_{im}} = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + 14n_{14}}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_{14}}$  - средняя шероховатость

поверхности изделия;  $Ш$  - шероховатость поверхности;  $n_{im}$  - число поверхностей соответствующей шероховатости.

3. Коэффициент использования материала

$$K_{у.м.} = \frac{M}{M_m}$$

где  $M$  - масса готовой детали, кг;  $M_m$  - норма расхода материала на заготовку, кг.

4. Уровень унификации

$$K_{у.мч.} = \frac{n}{\sum D_i n_i},$$

$n, n_i, D_i$  - соответственно общее количество обрабатываемых поверхностей данного типа (вида), количество поверхностей одинакового типоразмера, типоразмер обработки  $i$ -ой поверхности  $D_i$

## 2.2. Выбор типа производства

Тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операций:  $1 < K_{зo} < 10$  - массовое и крупносерийное,  $10 < K_{зo} < 20$  - среднесерийное,  $20 < K_{зo} < 40$  - мелкосерийное производство. В единичном производстве  $K_{зo}$  не регламентируется.

Значение коэффициента закрепления операций принимается для планового периода, равного одному месяцу, и определяется по формуле:

$$K_{з.о.} = \frac{O}{P},$$

где  $O$  - число различных операций;  $P$  - число рабочих мест с различными операциями.

Общее число операций  $O$  по рассматриваемому производственному процессу определяется суммированием различных операций  $O$ , закрепленных за каждым рабочим местом. Если за рабочим местом закреплена только одна операция (независимо от его загрузки), общее число различных операций равно числу рабочих мест  $P$ . Тогда  $K_3=1$  и производство является массовым. Если за всеми или некоторыми рабочими местами закреплено

более чем по одной операции, то  $K_3 > 1$  и производство является серийным.

**Пример.** Для обработки детали необходимо 12 рабочих мест в течение одного месяца на 1, 2, 3, 7 и 10-м рабочих местах выполнялось по одной операции, на 4, 5 и 12-м - по две, на остальных - по три.

$$K_{з.о.} = \frac{1 \cdot 5 + 2 \cdot 3 + 3 \cdot 4}{12} = 1,9$$

В любом ТП следует стремиться к лучшему использованию оборудования как по техническим возможностям, так и по времени работы. Поэтому при малой загрузке его следует догружать аналогичными операциями по обработке других деталей, если такой вариант представляется возможным и целесообразным с организационной и экономической точек зрения.

Среднее значение нормативного коэффициента загрузки оборудования при двухсменной работе следует принимать: для мелкосерийного производства - 0,8...0,9 и выше; для серийного - не ниже 0,75...0,85; для массово-поточного и крупносерийного - не ниже 0,65...0,75.

Число операций, закрепленных за одним рабочим местом, в этом случае можно определить по формуле:

$$O_{р.м.} = \frac{\eta_n}{\eta_3},$$

где  $\eta_n$  - нормативный коэффициент загрузки рабочего места всеми закрепленными за ним операциями;  $\eta_3$  - коэффициент загрузки рабочего места проектируемой операцией.

Учитывая формулу для определения коэффициента загрузки, получим

$$O_{р.м.} = \frac{60F_m K_e \eta_n}{T_{ш.к} N_m},$$

где  $F_m$  - месячный фонд времени работы оборудования при двухсменном режиме, ч;  $K_e$  - средний коэффициент выполнения норм времени,  $K_e = 1,3$ ;  $T_{ш.к}$  - штучно-калькуляционное время выполнения проектируемой операции на данной станке, мин;  $N_m$  - месячная программа выпуска детали.

Значение коэффициента закрепления операций следует определять дважды: предварительно - при ориентировочном выборе типа производства и окончательно - после разработки операционной технологии. При предварительном расчете штучно-калькуляционное время определяется по укрупненным нормативам, а число рабочих мест с различными операциями укрупненно по технологическому маршруту. При окончательном расчете и установлении типа производства значения  $T_{ш.к}$  и  $P$  принимаются по разработанному операционному технологическому процессу.

Формы организации технологических процессов зависят от установленного порядка выполнения операций, расположения технологического оборудования, количества изделий и направления их движения при изго-

товлении.

При групповой форме организации производства запуск изделий производится партиями с определенной периодичностью, что является признаком серийного производства. Количество деталей в партии для одно-временного запуска определяется упрощенным способом:

$$n = \frac{N_z a}{F} \text{ шт.},$$

где  $N_z$  - годовая программа выпуска, шт.;  $a$  - периодичность запуска, дн.

Рекомендуются следующие периодичности запуска изделий: 3, 6, 12, 24 дня.

Приведенная выше формула позволяет приближенно определить размер партии, который должен быть в дальнейшем скорректирован с учетом удобства планирования и организации производства. С этой целью размер партии принимают не менее сменной выработки.

Корректировка величины партии осуществляется следующим образом:

а) определяется расчетное число смен на обработку всей партии деталей на основных рабочих местах:

$$c = \frac{T_{ш.-к.ср} n}{480 \cdot 0,8} \text{ смен};$$

б) расчетное число смен округляется до ближайшего целого числа, принятое число смен -  $c_n$ ;

в) определяется принятое число деталей в партии:

$$n_{ср} = \frac{c_{ср} 480 \cdot 0,8}{T_{ш.-к.ср}}$$

где 480 - расчетный фонд времени работы станка в смену, мин; 0,8 - коэффициент загрузки станка;  $T_{шкс}$  - среднее штучно-калькуляционное время по основным операциям, мин.

### 2.3. Выбор метода термической обработки

*Рекристаллизационный отжиг* - это термическая обработка наклепанного металла или сплава с целью придания ему вязких и пластических свойств за счет полного восстановления совершенства тонкого кристаллического и микроскопического строения. Имеет широкое распространение в практике как промежуточная операция в процессах формообразования деталей холодной деформацией (штамповкой, волочением, прокаткой, чеканкой и др.) с большими степенями обжатия (вытяжки).

Температура нагрева при рекристаллизационном отжиге выбирается из расчета  $0,4 T_{пл}$  для чистых металлов и  $0,5...0,7 T_{пл}$  - для растворов. На-

пример, для технически чистого железа это составит около 450 °С, а для низкоуглеродистой стали - 680...700 °С.

*Отжиг для уменьшения остаточных напряжений* - термическая обработка, уменьшающая остаточные объемные макронапряжения (напряжения 1-го рода) за счет полной или частичной их релаксации.

Этот отжиг представляет особый интерес при разработке ТП механической обработки по следующим причинам. Во-первых, потому что объемные напряжения возникают практически всегда при прохождении деталью технологических процессов, включающих обработку давлением, литьем, сваркой, шлифованием, резанием и др. Во-вторых, потому что объемные остаточные напряжения вызывают искажения формы (коробление) и изменение размеров изделия во время его обработки, эксплуатации или хранения на складе. Особенно частые и значительные коробления (поводки) появляются при обработке резанием, так как удаление слоя металла всегда нарушает установившееся равновесие остаточных напряжений в макрообъеме.

Причинами возникновения объемных макронапряжений являются неравномерность пластической деформации, различная плотность металла в разных точках тела из-за неодновременности теплового сжатия (расширения) и фазовых (структурных) превращений. Соответственно и напряжения, обусловленные неравномерностью сжатия (расширения), называют тепловыми, или термическими, а вызванные неравномерностью фазовых (структурных) превращений - фазовыми.

В конкретных технологических процессах объемные макронапряжения (условно напряжения 1-го рода) могут называться соответственно специфике производства: литейными, сварочными, закалочными, шлифовочными и др.

В производственной практике часто сталкиваются с самопроизвольным изменением размеров и короблением деталей (изделий), вызываемыми постепенным перераспределением остаточных напряжений при их релаксации. Например, после сборки станка появляются недопустимые зазоры или натяги в ранее точно пригнанных сопряжениях. К сожалению, в большинстве случаев величина, знак и распределение остаточных напряжений по объему изделия неизвестны, так как для определения этих характеристик требуется нарушить целостность изделия. В общем случае поэтому желательно полностью или хотя бы частично снять неконтролируемые макронапряжения. Решить эту задачу можно путем пластической деформации, уменьшающей избыточную энергию в упруго деформированных областях детали, для чего необходимо или провести такой тепловой процесс (отжиг), когда будет реализована микропластическая деформация в условиях снижения предела текучести до значений, меньших макронапряжений, или инициировать ползучесть - при макронапряжениях, меньших предела текучести.

Реализация первого механизма снятия остаточных напряжений основывается на следующих соображениях. С ростом температуры предел текучести падает более интенсивно, чем упругие остаточные напряжения, пропорциональные модулю упругости и величине упругой деформации (закон Гука). Выше некоторой температуры  $t_l$  предел текучести становится ниже остаточных напряжений, и с этого момента начинается микропластическая деформация, уменьшающая остаточные напряжения до значений предела текучести. Таким образом, по этому механизму уменьшение остаточных напряжений тем больше, чем выше температура нагрева при отжиге.

Второй механизм уменьшения остаточных напряжений реализуется (когда их величина меньше предела текучести) за счет переползания легкоподвижных дислокаций. Явление ползучести происходит и при комнатной температуре, но чем выше температура нагрева при отжиге ( $-0,5 T_n$ ), тем активнее идут процессы разрядки.

Таким образом, если нагрев при отжиге достаточно высок, то вначале реализуется первый механизм с массовым размножением и скольжением дислокаций, пока остаточные напряжения не снизятся до предела текучести, а затем начинает реализовываться механизм ползучести.

Уменьшение остаточных напряжений происходит и как побочный процесс при других операциях термообработки. Например, литейные напряжения снимаются при диффузионном отжиге, отпуск закаленной стали уменьшает закалочные напряжения, рекристаллизационный отжиг, снимая наклеп, также уменьшает напряжения. Вместе с тем, нагревы для уменьшения остаточных напряжений приходится часто применять как самостоятельную операцию термообработки, называемую в этом случае *отжигом для уменьшения (снятия) напряжений*.

Например, базовые чугунные отливки для станков и приборов с целью ускорения стабилизации размеров подвергают нагреву при температуре 500...600 °С в течение 24 часов. Этот отжиг заменяет многомесячное вылеживание отливок при естественном старении.

Отпуск и старение являются термическими операциями, применяемыми, как правило, после закалки. Вместе с тем, цели у них могут быть разные: уменьшить внутренние напряжения, понизить твердость или прочность, повысить твердость или прочность и т.д.

*Отпуск* — это термическая операция над закаленным сплавом, преследующая цели: уменьшить внутренние напряжения и довести свойства до заданных путем нагрева и выдержки при температурах ниже температур полиморфных превращений (у сталей и чугунов — ниже критической точки  $L_1$ ).

Превращения, происходящие при отпуске закаленной стали, снижают твердость с максимальной (50...60 единиц HRC) после закалки до твер-



дости, характерной для улучшенной или отожженной стали. Так, следует помнить, что низким отпускком можно дополнительно упрочнить закаленную сталь, реализовав механизм вторичной твердости. У высокоуглеродистых инструментальных сталей прибавка может составить 2...3 единицы HRC а у высоколегированных (типа Р6М5, Х12М и др.) - до 6...7 единиц HRC.

Следует подчеркнуть, что традиционно сложилась условность, по которой послезакалочный нагрев сплавов, претерпевших полиморфные превращения (стали, чугуны), называют отпуском, а сплавов без полиморфных превращений — старением. При закалке без полиморфных превращений закалить такой сплав можно, используя ускоренное охлаждение для фиксации пересыщенного раствора. Теоретически это возможно на любых сплавах, имеющих переменную растворимость. При этом сплав приобретает большую пластичность, но находится в метастабильном состоянии. Даже при вылеживании сплава в комнатных условиях происходит процесс частичного распада раствора за счет выделения мельчайших зерен цементита, третичного в сталях и чугунах, или интерметаллических соединений — в цветных сплавах. Это приводит к изменению размеров, повышению твердости и прочности (*естественное старение*).

## 2.4 Выбор метода обработки

При выборе метода обработки поверхности исходят из его технологических возможностей: обеспечения точности и качества поверхности; величины снимаемого припуска; времени обработки в соответствии с заданной производительностью.

Обработка каждой поверхности детали представляет собой совокупность методов обработки, выполняемых в определенной последовательности. Последовательность устанавливается на основе требований рабочего чертежа детали и исходной заготовки:

- заданные точность и качество поверхностей позволяют выбрать методы (один или несколько) их окончательной обработки;
- вид исходной заготовки определяет методы начальной обработки;
- методы окончательной и начальной обработки позволяют выбрать промежуточные методы. Каждый метод окончательной обработки требует определенного набора методов предшествующих;
- вид заданной термической обработки определяет ее место в последовательности обработки поверхности.

Для одной и той же поверхности могут применяться различные варианты обработки. Выбор наилучшего варианта является трудоемкой, но необходимой задачей. Эта задача окончательно решается на основании экономического анализа. Предварительные решения по выбору рационального варианта принима-

ются либо на основе таблиц среднеэкономических достижимых точностей обработки разными методами, либо на основе расчетов точности.

Последовательность выбора методов обработки поверхностей рекомендуется следующая:

1) выбираются методы обработки поверхности на первом переходе (операции) в зависимости от способа получения заготовки и ее точности;

2) определяются методы окончательной обработки поверхности на последнем переходе (операции) в зависимости от комплекса требований по точности рассматриваемой поверхности (данные из чертежа);

3) назначаются методы обработки поверхности на промежуточных переходах (операциях) на основе уже выбранных первого и последнего методов обработки.

При этом следует учитывать, что каждому методу окончательной обработки предшествуют обычно несколько предварительных (менее точных) методов. Например, чистовому развертыванию отверстия предшествует предварительное развертывание, а предварительному — чистовое растачивание, зенкерование или сверление.

При назначении промежуточных методов исходят из того, что каждый последующий метод должен быть точнее предыдущего в среднем на один качество точности.

Допуск на промежуточный параметр точности должен всегда находиться в тех пределах, при которых возможно использование последующего метода обработки.

Разрабатывая маршрут обработки поверхности, необходимо помнить, что одна и та же точность обработки может быть достигнута несколькими методами (таблицы 3.4 - 3.8). Количество возможных вариантов маршрута обработки одной поверхности достаточно велико. Однако его можно значительно уменьшить, если учесть габариты детали, ее жесткость, способы установки для обработки, тип производства и т. п.

Предварительный выбор маршрута обработки поверхности был осуществлен, когда технологический маршрут разбивался на этапы обработки (черновой, термической, получистовой и т. д.) с использованием схем формообразования и срезания припуска.

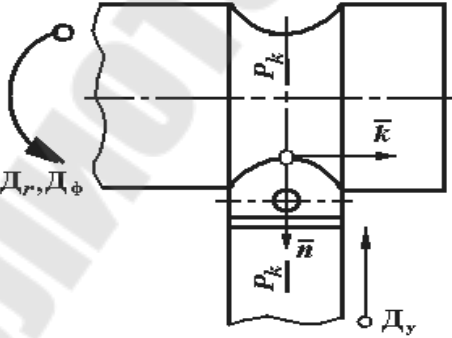
Выбор схем формообразования зависит от требуемой топографии, технологичности и производительности формообразования (рисунок 2.1) [31].



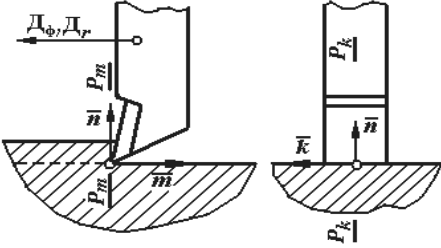
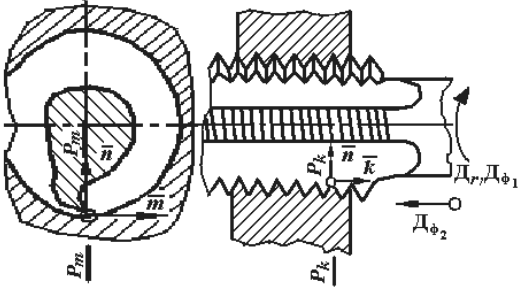
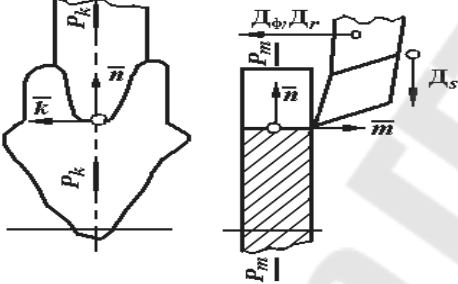
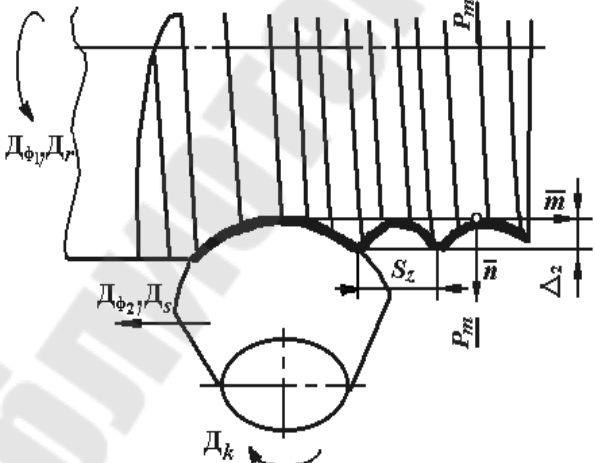
Рисунок 2.1 – Структура формообразования топографии поверхностей

Схемы формообразования топографий типовых поверхностей приведены в таблице 2.1 [31].

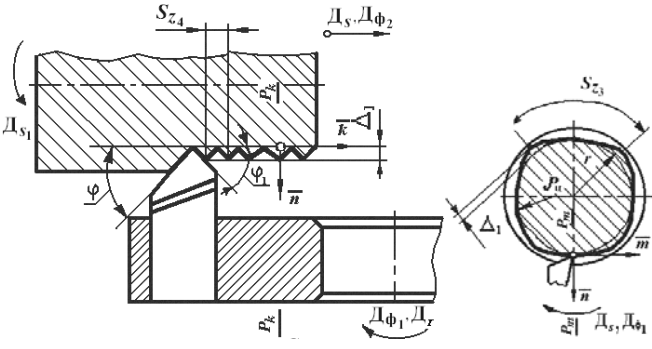
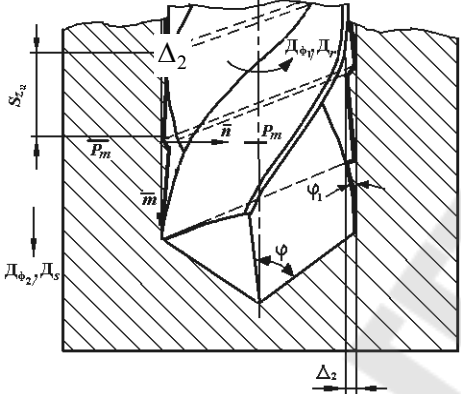
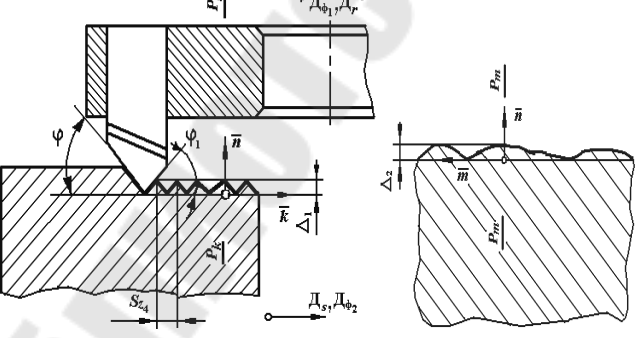
Таблица 2.1 – Примеры схем формообразования топографий типовых поверхностей деталей

Эскиз схемы формообразования	Назначение, признаки, оценки
<p style="text-align: center;"><b>Схемы следа</b></p> <p>– одинарная, постоянная, одноцикловая</p> 	<p><i>Калибрование канавки фасонным резцом</i></p> <p>– движение формообразования – вращательное движение заготовки</p> $D_\phi \equiv D_r$ <p>– формообразующий зуб может быть и режущим</p> <p>– <math>\Delta_1 = \Delta_2 = 0</math>,</p> <p>где <math>\Delta_1</math> и <math>\Delta_2</math> – соответственно, кинематические погрешности образующей и направляющей</p>

Продолжение таблицы 2.1

<p>– одинарная, постоянная, многоцикловая</p> 	<p>Строгание плоской поверхности резцом</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <math>D_\phi \equiv D_r</math></li> <li>– формообразующий зуб может быть и режущим</li> <li>– <math>\Delta_1 = \Delta_2 = 0</math></li> </ul>
<p>– групповая, постоянная, многоцикловая</p> 	<p>Калибрование резьбы метчиком</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– движения формообразования – функционально связанные вращательное и поступательное</li> <li><math>D_{\phi 1} \equiv D_{r1}, D_{\phi 2} \equiv D_s</math></li> <li>– инструмент имеет отдельные формообразующие зубья – калибрующие</li> <li>– <math>\Delta_1 = \Delta_2 = 0</math></li> </ul>
<p>– одинарная, постоянная, одноцикловая</p> 	<p>Нарезание зубчатого колеса строгальным фасонным резцом</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <math>D_\phi \equiv D_r</math></li> <li>– формообразующий зуб может быть и режущим</li> <li>– <math>\Delta_1 = \Delta_2 = 0</math></li> </ul>
<p><b>Схемы огибания</b></p>	
<p>– одинарная, постоянная, многоцикловая</p> 	<p>Точение ротационным резцом</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– движения формообразования совпадают с движениями резания</li> <li><math>D_{\phi 1} = D_r, D_{\phi 2} \equiv D_s</math></li> <li>– формообразующий зуб является режущим</li> <li>– погрешности <math>\Delta_1 = f(\rho, s_z, d)</math>, <math>\Delta_2 = f(\rho, s_z, \beta)</math>, где <math>\rho</math> – радиус кривизны инструмента в <math>P_k</math>; <math>d</math> – диаметр детали; <math>s_z</math> – подача на зуб; <math>\beta</math> – угол наклона плоскости задней поверхности</li> </ul>

Продолжение таблицы 2.1

<p>– групповая, переменная, многоцикловая</p> 	<p><i>Фрезерование цилиндра торцевой фрезой</i></p> <p>– движения формообразования совпадают с движениями резания</p> $D_{\phi 1} = D_r, D_{\phi 2} \equiv D_s$ <p>– формообразующий зуб является режущим</p> <p>– погрешности <math>\Delta_1 = f(\rho, s_z, d)</math>,</p> $\Delta_2 = f(\rho, s_z),$ <p>где <math>\rho</math> – радиус кривизны инструментальной поверхности в <math>P_k</math>; <math>d</math> – диаметр детали; <math>s_z</math> – подача на зуб</p>
<p>– групповая, переменная, многоцикловая</p> 	<p><i>Сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание отверстия</i></p> <p>– движения формообразования совпадают с движениями резания</p> $D_{\phi 1} \equiv D_r, D_{\phi 2} \equiv D_s$ <p>– формообразующий зуб является режущим</p> <p>– погрешности</p> $\Delta_1 = f(s_z, \varphi, \varphi_1, d),$ $\Delta_2 = f(s_z, \varphi, \varphi_1, d),$ $\Delta_{2 \max} = s_0 \sin \varphi \cdot \sin \varphi_1 / \sin(\varphi + \varphi_1)$
<p>– групповая, переменная, многоцикловая</p> 	<p><i>Обработка плоских поверхностей торцевой фрезой</i></p> <p>– движения <math>D_{\phi 1} \equiv D_r, D_{\phi 2} \equiv D_s</math></p> <p>– формообразующий зуб является режущим</p> <p>– погрешности</p> $\Delta_{1 \max} = s_z \sin \varphi \cdot \sin \varphi_1 / \sin(\varphi + \varphi_1)$ $\Delta_2 = f(s_z, R)$

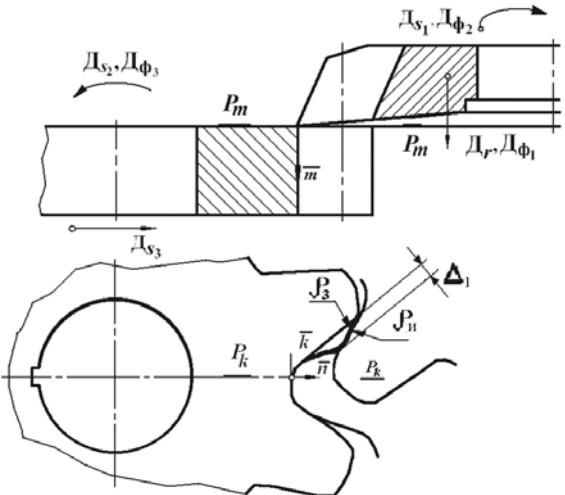
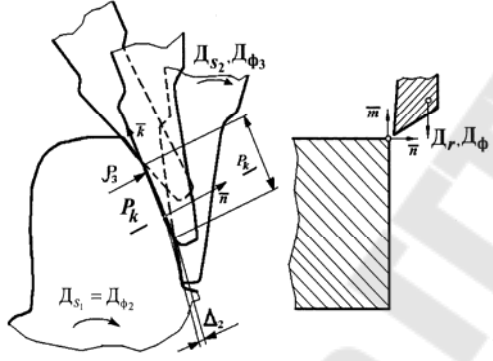
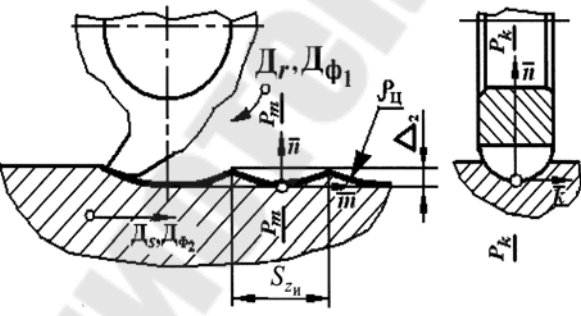
Продолжение таблицы 2.1

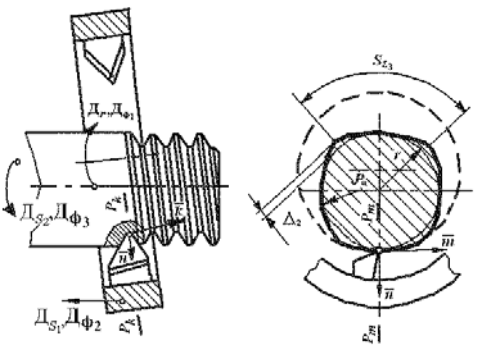
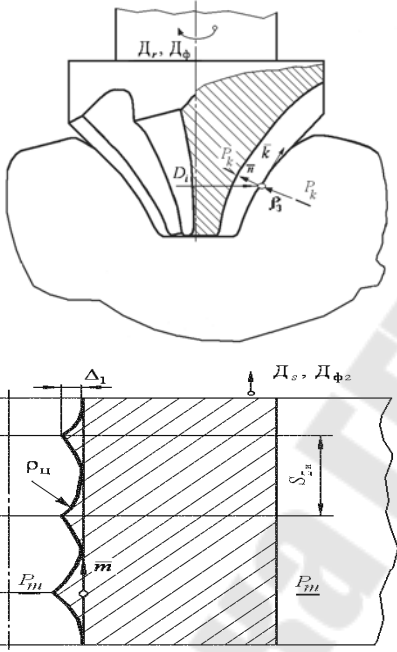
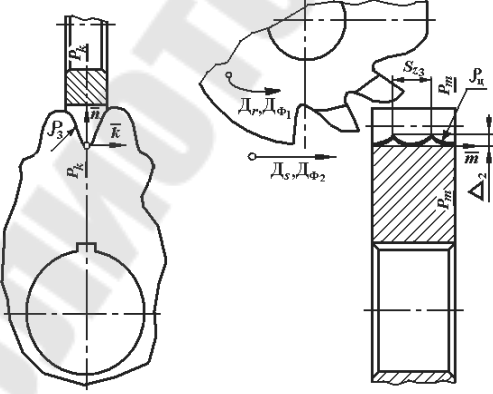
<p>– групповая, переменная, многоцикловая</p>	<p><i>Нарезание зубчатых колес червячными фрезами</i></p> <p>– движения <math>D_{\phi 1} \equiv D_r</math>, <math>D_{\phi 2} \equiv D_{s1}</math>,  <math>D_{\phi 3} \equiv D_{s2}</math></p> <p>– формообразующий зуб является режущим</p> <p>– погрешности <math>\Delta_1 = f(\rho, s_{03}, \rho_3)</math></p> $\Delta_{1\max} = R\sqrt{R^2 - s_{03}^2 / 4},$ $\Delta_2 = f(\rho_3, s_{z_и}, \alpha_3),$ <p>где <math>\rho</math> – радиус кривизны траектории зуба инструмента; <math>\rho_3</math> – радиус кривизны поверхности зуба колеса; <math>\alpha_3</math> – угол зацепления</p>
---	---

**Комбинированные схемы**

<p>– групповая, переменная, многоцикловая</p>	<p><i>Обработка цилиндрической поверхности наружной фрезой</i></p> <p>– движения <math>D_{\phi 1} \equiv D_r</math>,  <math>D_{\phi 2} \equiv D_{s3}</math>,</p> <p>– формообразующий зуб является режущим</p> <p>– погрешности <math>\Delta_2 = 0</math></p> $\Delta_{1\max} \cong s_{z_3}^2 / 8(1/R + 1/r), R \approx \rho_и$
---	---

<p>– групповая, переменная, многоцикловая</p>	<p><i>Обработка цилиндрической поверхности канавки внутренней дисковой фрезой</i></p> <p>– <math>D_{\phi 1} \equiv D_r</math>, <math>D_{\phi 2} \equiv D_{s1}</math>,</p> <p>– формообразующий зуб является режущим</p> <p>– <math>\Delta_1 = 0</math>, <math>\Delta_2 = f(\rho_и, s_{z_3}, d)</math>,</p> $\Delta_{2\max} \approx \beta^2 / 8(1/r - 1/R),$ <p>где <math>\beta = (1/r - 1/R)s_{z_3}</math>; <math>R \approx \rho_и</math></p>
---	---

Эскиз схемы формообразования	Назначение, признаки, оценки
<p data-bbox="196 288 802 322">– групповая, переменная, многоцикловая</p> 	<p data-bbox="866 288 1353 367"><i>Нарезание зубчатого колеса наружным долбяком</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="866 383 1246 416">– <math>D_{\phi 1} \equiv D_r, D_{\phi 2} \equiv D_{s1},</math></li> <li data-bbox="866 432 1054 465"><math>D_{\phi 3} \equiv D_{s2}</math></li> <li data-bbox="866 506 1011 539">– <math>\Delta_2 = 0,</math></li> <li data-bbox="866 555 1262 589"><math>\Delta_1 = f(\rho_{и}, \rho_3, s_{04}, s_{03})</math></li> </ul>
<p data-bbox="196 880 802 913">– групповая, переменная, многоцикловая</p> 	<p data-bbox="866 880 1374 958"><i>Нарезание зубьев конического колеса резцами</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="866 974 1238 1008">– <math>D_{\phi 1} \equiv D_r, D_{\phi 2} \equiv D_{s1},</math></li> <li data-bbox="866 1023 1070 1057"><math>D_{\phi 3} \equiv D_{s2},</math></li> <li data-bbox="866 1097 1267 1131">– <math>\Delta_1 = f(s_{z_{и}}, \rho_3), \Delta_2 = 0</math></li> </ul>
<p data-bbox="196 1373 802 1406">– групповая, переменная, многоцикловая</p> 	<p data-bbox="866 1373 1385 1451"><i>Обработка фасонной канавки наружной дисковой фасонной фрезой</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="866 1467 1235 1500">– <math>D_{\phi 1} \equiv D_r, D_{\phi 2} \equiv D_s,</math></li> <li data-bbox="866 1516 1378 1594">– формообразующий зуб является режущим</li> <li data-bbox="866 1610 1331 1644">– <math>\Delta_{1min} = 0, \Delta_2 = f(s_{z_{и}}, \rho_{и}),</math></li> <li data-bbox="866 1659 1262 1738"><math>\Delta_{2max} \approx R\sqrt{R^2 - s_{z_4}^2}/4,</math></li> <li data-bbox="866 1753 1046 1787">при <math>R = \rho_{и}</math></li> </ul>

Эскиз схемы формообразования	Назначение, признаки, оценки
<p>– групповая, переменная, многоцикловая</p> 	<p>Нарезание резьбы внутренней резьбонарезной дисковой фрезой</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <math>D_{\phi 1} \equiv D_r, D_{\phi 2} \equiv D_{s1}</math></li> <li>– <math>D_{\phi 3} \equiv D_{s2},</math></li> <li>– <math>\Delta_{1\min} = 0, \Delta_2 = f(\varepsilon, \rho_{\text{и}}, d, s_{z3}),</math></li> <li><math>\Delta_{2\max} \approx \beta^2 / 8(1/r - 1/R),</math></li> <li><math>\beta = (1/r - 1/R)s_{z3}; R \approx \rho_{\text{и}}</math></li> </ul>
<p>– групповая, переменная, многоцикловая</p> 	<p>Нарезание зубьев колеса пальцевой модульной фрезой</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <math>D_{\phi 1} \equiv D_r, D_{\phi 2} \equiv D_s,</math></li> <li>– <math>\Delta_{1\min} = 0, \Delta_2 = f(\rho_{\text{и}}, \rho_3, s_{zn})</math></li> </ul>
<p>– групповая, переменная, многоцикловая</p> 	<p>Нарезание зубьев колеса дисковой модульной фрезой</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <math>D_{\phi 1} \equiv D_r, D_{\phi 2} \equiv D_s,</math></li> <li>– <math>\Delta_{1\min} = 0, \Delta_2 = f(\rho_{\text{и}}, \rho_3, s_{z3}),</math></li> <li><math>\Delta_{2\max} \approx R - \sqrt{R^2 - s_{z3}^2} / 4,</math></li> <li>при <math>R = \rho_{\text{и}}</math></li> </ul>



Выбор схемы срезания обуславливается требуемыми остаточными напряжениями в поверхностном слое, производительностью процесса резания и энергоёмкостью. Рассмотрим на отдельных примерах схемы срезания припуска [31].



Рисунок 2.2 – Структура процесса срезания припуска

Для этого проанализируем рисунок 2.3, на котором изображены сечения срезаемого слоя, разделенные по профильной (рисунок 2.3, *а, б, в, г, д, е, ж, о, п*) и по генераторной (рисунок 2.3, *з, и, к, л, м, н*) схемам. Если принять, что сечения на рисунке 2.3, *а–д* выполнены поперечной сечущей плоскостью, а на рисунке 2.3, *е* – продольной, то они будут отражать профильную одинарную, схему срезания припуска. Кроме того, при-

няв, что изображена одноцикловая схема, то она будет реализована многозубым стержневым инструментом (протяжкой для наружного протягивания). Если принять, что это многоцикловая схема, то она будет реализована однозубыми строгальными резцами. Если принять, что сечения на рисунке 2.3, *з, к, л, н* выполнены поперечной секущей плоскостью, а на рисунке 2.3, *м* – продольной, то они будут отражать генераторную одинарную, переменную схему срезания припуска. Приняв, что это многоцикловая схема, то она будет реализована многозубым дисковым инструментом за несколько проходов, а если на рисунке 2.3, *м* припуск был бы разделен дугами окружностей, то схема была бы реализована дисковой протяжкой. Если сечения на рисунке 2.3, *а, б, в, г, д, п* выполнены поперечной секущей плоскостью, а сечения рисунок 2.3 *м* – продольной, или сечение рисунок 2.3, *з, и, к, л, н* – поперечной, а сечение рисунок 2.3, *е* – продольной, то они будут отражать комбинированные схемы срезания припуска.

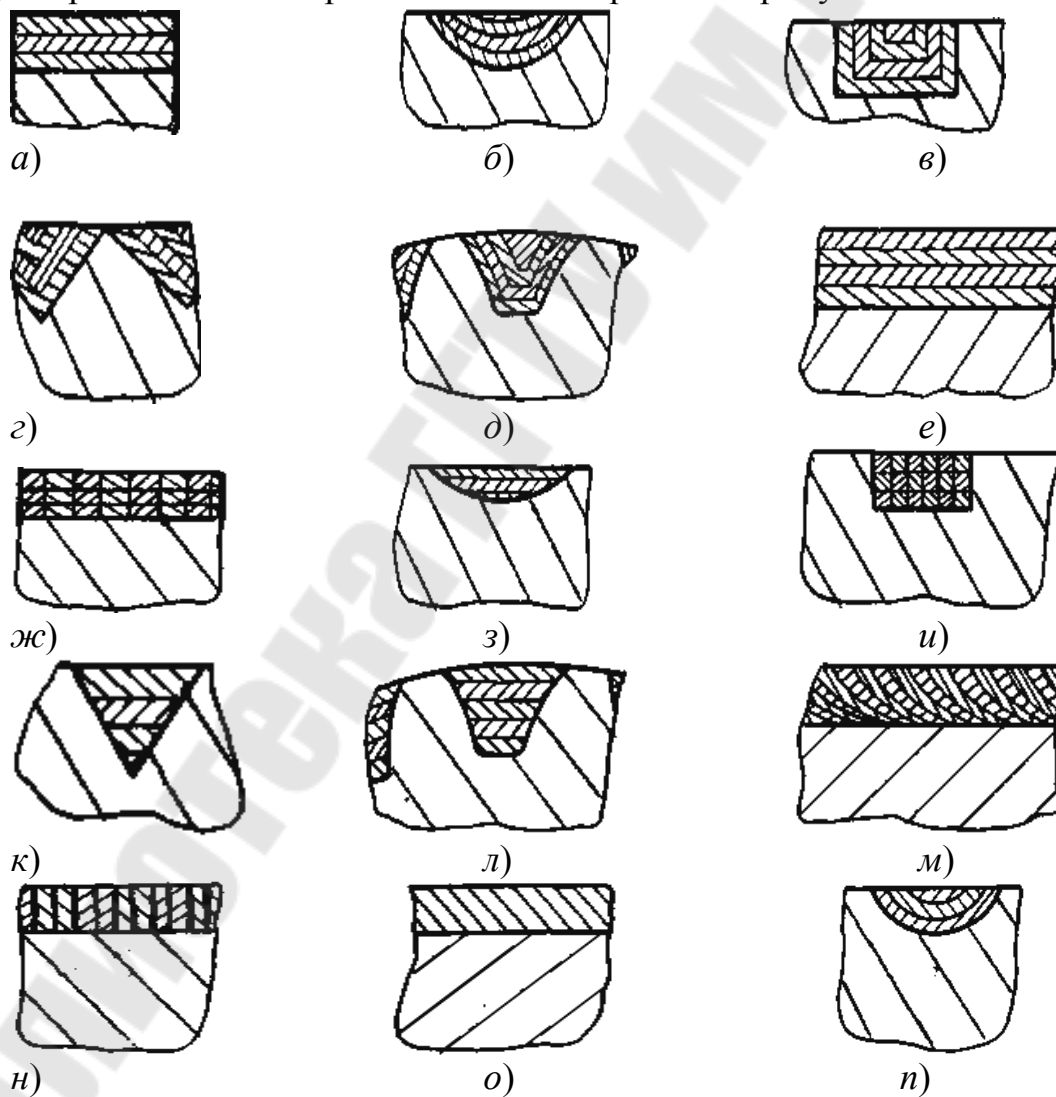


Рисунок 2.3 - Схемы срезания припуска

Если схемы, объединяющие сечения на рисунке 2.3, *а, б, г, д, н* и рисунок 2.3, *м* будут реализованы многоцикловой обработкой однозубым инструментом, то в качестве такого инструмента необходимо использовать борштангу, а если многозубым инструментом – то это будет фасонная дисковая фреза. Для реализации схем с сечениями, изображенными на рисунке 2.3, *з, к, л, н* и рисунке 2.3, *е* по одноцикловой обработке требуется применить многозубый инструмент – призматическую протяжку.

Анализ схем формообразования типовых деталей позволяет в систематизированном виде определить все виды и типы режущего инструмента, реализующие ту или иную схему формообразования. Так например, для реализации одноцикловой схемы следа при формообразовании прямозубых зубчатых колес применяются строгальные модульные резцы, призматические протяжки, головки контурного зубодолбления и т. д.

Для реализации многоцикловой схемы огибания необходимо применить червячные фрезы, резцовые борштанги, сборные с МНП дисковые и пальцевые фрезы, абразивные дисковые и червячные инструменты, червячные шеверы и т. д. Комбинированная схема, у которой образующая формируется по схеме огибания, а направляющая – по схеме следа реализуется при многоцикловой обработке строгальными резцами с трапециевидным профилем формообразующего зуба (с круговой подачей заготовки и линейной подачей резца), зубострогальной рейкой, зуборезным долбяком, сборным с МНП строгальным резцом, резцовой долбежной борштангой (с круговой подачей заготовки и инструмента), дисковыми и реечными шеверами, абразивными хонами и т. д. Комбинированная схема, у которой образующая формируется по схеме следа, а направляющая – по схеме огибания реализуется при многоцикловой обработке резцовой борштангой (с осевой подачей заготовки или инструмента), дисковыми или пальцевыми модульными фрезами, дисковыми протяжками и т. д.

### **3. ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА**

Более точная разбивка на этапы может быть проведена с помощью подробных таблиц технологических характеристик методов обработки.

Окончательный маршрут обработки выбирают с помощью соответствующих таблиц, в которых представлены численные величины погрешностей размеров, формы, взаимного расположения и шероховатости поверхности (таблицы 3.4 – 3.8, приложение А). Для отдельных поверхностей численные величины погрешностей определяются расчетом.

Особое внимание следует обращать на характеристику методов с точки зрения обеспечения точности взаимного расположения. Например, как правило, отделочные методы не исправляют погрешности формы и взаимного расположения, а служат лишь для обеспечения требуемой топографии (чаще всего

для уменьшения шероховатости) обработанной поверхности и остаточных напряжений в поверхностном слое.

**Выбор черновых баз.** Основной целью первой операции механической обработки обычно является создание базовой поверхности для последующих операций. Для выбора черновой базы необходимо выполнить анализ чертежа готовой детали, наметить чистовые базы. При выборе черновых баз следует соблюдать следующие правила.

**1.** У деталей, не подвергающихся полной обработке, технологическими базами для первой операции рекомендуется принимать поверхности, которые вообще не обрабатываются, но размерно связаны с обрабатываемыми поверхностями. Это обеспечит наименьшее смещение обработанных поверхностей относительно необработанных.

**2.** Если у заготовок обрабатываются все поверхности, в качестве технологических баз для первой операции целесообразно принимать поверхности с наименьшими припусками. Тем самым при дальнейшей обработке исключается возможность появления «чернот» на этих поверхностях.

**3.** Черновые базирующие поверхности должны быть по возможности ровными, чистыми, без заусенцев у поковок или литников у отливок. Поверхности должны быть надежными в отношении обеспечения их качества при получении заготовки.

**4.** База для первой операции должна выбираться с учетом обеспечения лучших условий обработки поверхностей, принимаемых в дальнейшем в качестве чистовых технологических баз.

**Пример.** Требуется обработать поверхность основания 1 и отверстие диаметром  $50^{+0,062}$  мм, выдерживая размер мм от оси отверстия до основания корпуса подшипника (рисунок 3.1).

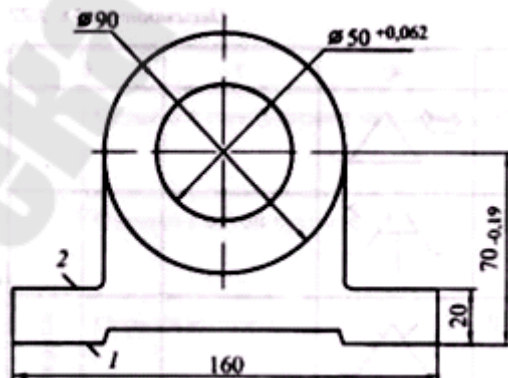


Рисунок 3.1 - Эскиз корпуса подшипника

При выполнении первой операции следует обработать поверхность, которая могла бы служить базой для последующих операций. Пользуясь приведенными выше рекомендациями, в качестве базы для первой обработки выбираем поверхность 2, которая в дальнейшем вообще не обрабатывается,

имеет значительную протяженность, является относительно ровной и обеспечивает удобную установку заготовки в приспособлении. При этом легко выдерживается параллельность поверхности 1 относительно поверхности 2 после ее обработки до размера 20 мм. Обработанная поверхность 7 на последующих операциях будет одновременно служить измерительной и технологической базой. К тому же она является основной конструкторской базой. Таким образом, подготавливая в качестве базы для дальнейших операций поверхность 1, мы обеспечиваем возможность соблюдения принципов совмещения и постоянства баз, что повышает точность обработки детали.

**Выбор чистовых баз.** Выбор чистовых баз состоит из нескольких этапов:

1) предварительный выбор комплектов баз при механической обработке исходя из основных принципов назначения чистовых баз;

2) синтез теоретических схем базирования и установки детали для отдельных операций ее обработки.

Второй этап при проектировании технологического процесса механической обработки выполняется при разработке технологических операций и оснастки. При курсовом проектировании он применяется в данном разделе для той операции, для которой предполагается проектирование приспособления для установки детали.

Общие принципы назначения чистовых баз следующие.

1. За базы при точной обработке следует выбирать естественные, а не искусственные технологические базы. Естественной технологической базой считается основная конструкторская база, которая при обработке используется как технологическая. Например, при точении и шлифовании ведущего вала-шестерни используются в качестве технологических баз центровые отверстия (искусственные базы), а при нарезании зубьев - опорная шейка (естественная база).

2. Рекомендуются совмещать измерительную и технологическую базы (принцип совмещения баз). При этом отсутствует погрешность базирования.

3. При обработке максимально возможного числа поверхностей следует использовать одни и те же базы (принцип постоянства баз). Это обеспечивает точность взаимного расположения поверхностей, обработанных на различных операциях. Например, большинство операций обработки валов выполняют при их установке по центровым отверстиям, а обработки корпусных деталей - при установке на плоскость и два пальца.

4. Базирующие поверхности должны быть выбраны так, чтобы обеспечить наименьшие деформации детали от усилий резания и зажима, возможно большую простоту приспособления, удобство установки и закрепления детали. Базирующие поверхности должны иметь достаточную про-

тяженность, быть расположены ближе к обрабатываемым поверхностям и направлениям сил зажима.

**Разработка теоретической схемы базирования.** Целью разработки теоретической схемы базирования, т.е. проектного базирования, является формирование декартовой системы координат на элементах геометрической модели заготовки, по отношению к которым осуществляется ориентация ее обрабатываемых поверхностей. Эту декартову систему координат называют собственной или базовой (ССК или БСК).

Основным условием построения теоретической схемы базирования является определенность взаимного положения обрабатываемых поверхностей детали на всех этапах ее обработки. Для этого на чертеже обработанной детали и на эскизах детали на промежуточных операциях должны быть заданы угловое положение и размерные связи плоскостей и осей обрабатываемых поверхностей. Количество угловых и размерных связей должно быть минимально необходимым и в то же время достаточным для однозначного определения положения поверхности. Так, ось может быть перпендикулярна только одной плоскости, или параллельна двум пересекающимся плоскостям, или параллельна одной плоскости и составлять некоторый угол с плоскостью, которая перпендикулярна первой. Плоскость может быть перпендикулярна двум пересекающимся плоскостям или оси либо перпендикулярна одной плоскости и составлять некоторый угол с другой, которая перпендикулярна первой.

В тех случаях, когда на чертеже готовой детали или на эскизах на промежуточных операциях допуски относительного положения (перпендикулярности, соосности, пересечения осей, симметричности) поверхностей не заданы, их можно определить с помощью ГОСТ 30893.2-2002 (ИСО 2768-2-89).

Возможны следующие варианты комплектов конструкторских и технологических баз для различных способов угловой и размерной ориентации поверхностей:

- 1) три взаимно перпендикулярные плоскости, среди которых может быть плоскость симметрии (таблица 3.1, поз. 1);
- 2) плоскость и две оси, перпендикулярные ей (таблица 3.1, поз. 2);
- 3) две взаимно перпендикулярные плоскости и ось, которая перпендикулярна одной из них (в частном случае ось может лежать в плоскости, которая в общем случае параллельна оси) (таблица 3.1, поз. 3);
- 4) плоскость и две оси, одна из которых перпендикулярна, а другая параллельна этой плоскости (в частном случае она может лежать в этой плоскости) (таблица 3.1, поз. 4).

Варианты 1...3 характерны для базирования корпусных деталей, вариант 4 - для тел вращения.

Таблица 3.1- Варианты комплектов баз ориентации поверхностей

1		2	
	$Pi \perp Pj \perp Pk$		$(Ol \perp Pi) \wedge (On \perp Pi)$
3		4	
	$Pi \perp Pj$ $((Ol // Pi) \wedge (Ol \perp Pi)) \vee$ $((Ol // Pj) \wedge (Ol \perp Pi))$		$((Ol \perp Pi) \wedge (On // Pi)) \vee$ $((On \perp Pi) \wedge (Ol // Pi))$

При разработке теоретической схемы базирования следует руководствоваться следующими правилами.

1. Технологическими базами могут быть назначены только те комплекты ГМЗ, от которых заданы расстояния (размеры) до обработанных поверхностей и по отношению к которым заданы показатели относительных поворотов (перпендикулярности, параллельности, угла) обработанной поверхности.

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

3. Схема базирования в первую очередь должна обеспечивать заданную точность взаимного углового расположения, а затем точность размеров (расстояний).

4. При определении вида компонента комплекта баз (числа накладываемых связей) самым важным показателем взаимного расположения является перпендикулярность, затем угол, затем параллельность. Соосность и симметричность являются производными параллельности.

Синтез схемы базирования рекомендуется выполнять согласно приведенным ниже шагам. Причем следует отметить, что в заданиях отражается объект производства в состоянии последней операции технологического процесса с указанием выделенных обрабатываемых поверхностей и раз-

меров, окончательно полученных на предыдущих операциях, и тех, которые необходимо получить.

*Первый шаг.* Построить ГМЗ с выделением обрабатываемых поверхностей и выявлением угловых и размерных связей, которые необходимо обеспечить на операции.

*Второй шаг.* С помощью анализа заданных допусков относительных поворотов и размерных связей установить комплект баз ориентации обрабатываемых поверхностей.

*Третий шаг.* Проверить правильность задания относительных поворотов. Выявить, если необходимо, неуказанные допуски относительного расположения (перпендикулярность, соосность, симметричность).

*Четвертый шаг.* Сформировать базовую систему координат.

*Пятый шаг.* Определить вид каждого из компонентов установленного комплекта баз (правила 1...4).

*Пример.* Необходимо спроектировать схему базирования заготовки на операции обработки поверхности  $O$  при заданных показателях точности линейных размеров и допусков взаимного расположения (рисунок 3.2).

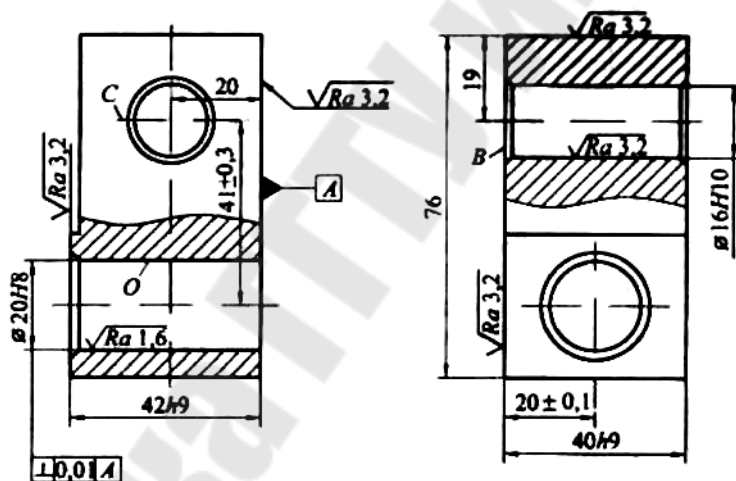


Рисунок 3.2 - Эскиз детали

*Первый шаг.* Геометрическая модель заготовки для проектирования схемы базирования изображена на рисунке 3.3. Обрабатываемая поверхность цилиндрическая открытая.

*Второй шаг.* Согласно заданию необходимо выдержать размер от оси цилиндрической поверхности  $O$  до плоскости  $B(P_j)$   $20 \pm 0,1$  и размер  $41 \pm 0,3$  от оси цилиндрической поверхности  $O$  до оси  $C(OI)$ , а также перпендикулярность оси поверхности  $O$  относительно базы  $A(P_i)$  с допуском  $0,01$ . База  $A$  - плоскость. Следовательно, мы имеем комплект технологических баз № 3, относительно которых задано положение обрабатываемого отверстия  $O$  (две взаимно перпендикулярные плоскости  $(P_i, P_j)$  и ось  $C(OI)$ , перпендикулярная одной из плоскостей  $P_i$  (см. таблицу 3.1).



*Третий шаг.* Задан допуск перпендикулярности оси относительно базы  $A$ . База  $A$  - плоскость. Согласно приведенным выше условиям допуск задан корректно и однозначно.

*Четвертый шаг.* Согласно таблице 3.1 строится базовая система координат (начало координат  $OI$  и оси  $X_c$ ,  $Y_c$  и  $Z_c$ , рисунок 3.3).

*Пятый шаг.* Согласно правилам 1...4 плоскость  $Pi$  назначается установочной базой,  $Pj$  - направляющей, ось  $OI$  - опорной (рисунок 3.3).

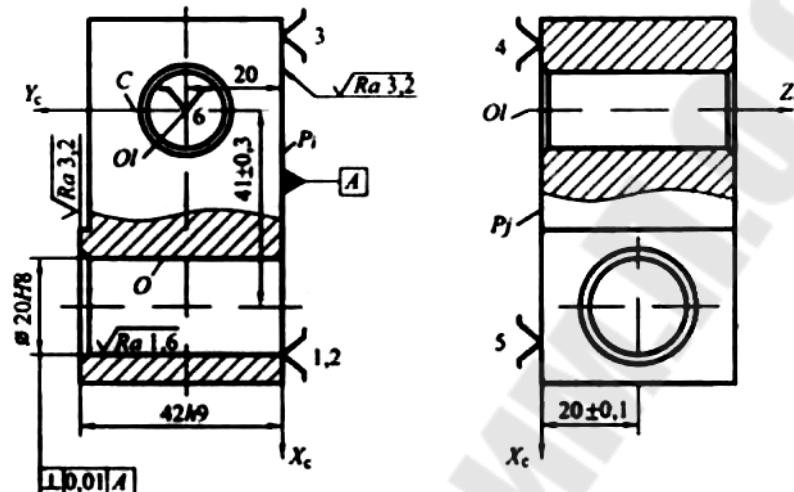


Рисунок 3.3 - Теоретическая схема базирования

**Разработка теоретической схемы установки.** При разработке теоретической схемы установки (далее - схемы установки) производят замену тех проектных баз, которые расположены на осях и плоскостях симметрии ГМЗ, на действительные базы, расположенные на реальных поверхностях заготовки. Опорные точки детали при ее установке в приспособлении или в станке образуют новую по отношению к ССК опорную систему координат (ОСК). Кроме того, согласно ГОСТ 3.1107-81 на данном этапе выбирается вид установочных элементов (а иногда и типовых приспособлений), определяются точка приложения и направление силы закрепления заготовки. Опорная система координат может не совпадать с собственной. В таких случаях создаются условия для возникновения *погрешности схемы установки* (рисунок 3.4.).

ОСК может не совпадать с ССК, если последняя построена на осях или центрах симметрии. В таких случаях, чтобы не создавались условия для появления погрешности схемы установки, необходимо применять самоцентрирующие установочные и установочно-зажимные комплекты приспособления (рисунок 3.5).

При выборе установочных и зажимных элементов необходимо:

1. Установочные элементы приспособления в первую очередь следует сопрягать с базами детали, лишаящими ее большего числа степеней свободы (установочной, двойной направляющей).

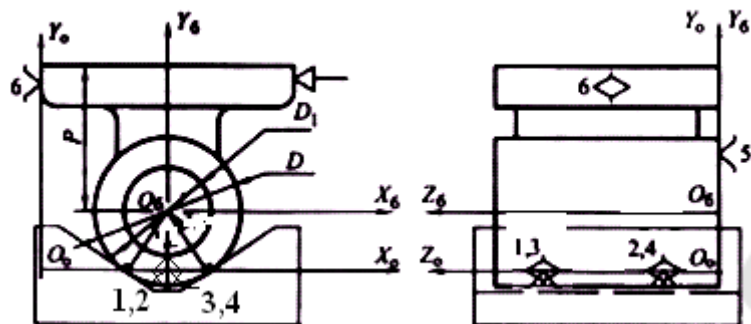


Рисунок 3.4 - Несовпадение базовой и опорной систем координат - условие для возникновения погрешности схемы установки

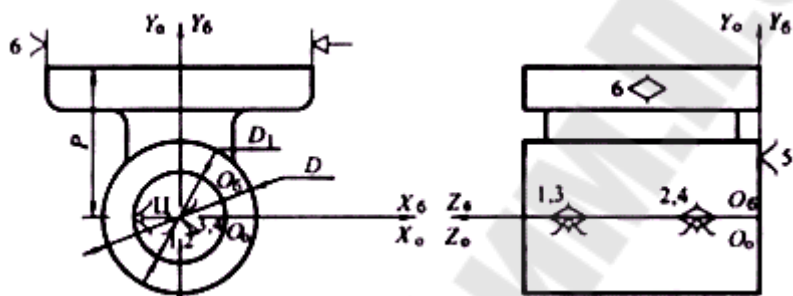


Рисунок 3.5 - Совмещения базовой и опорной систем координат при применении самоцентрирующей цанговой оправки

2. Каждой опорной точке схемы базирования должны соответствовать опорные точки в схеме установки и на установочных и опорных элементах приспособления.

3. При выборе схемы установки следует учитывать условия удобства установки и снятия заготовки, минимизации деформаций обрабатываемой детали в процессе обработки от сил резания и зажима, максимальной площади соприкосновения детали с компонентами приспособления.

4. Усилия зажима должны фиксировать положение детали в процессе обработки прежде всего в отношении базы, лишаящей деталь максимального числа степеней свободы, и быть направлены нормально к этой базе.

5. Применение самоцентрирующих зажимных устройств (патронов, разжимных оправок, тисков с двумя синхронно подвижными губками и др.) позволяет совместить зажим заготовки с ее базированием относительно скрытых технологических баз (осей вращения, плоскостей симметрии и др.).

При разработке схемы установки предлагается применить метод типовых технических решений. Он заключается в замене элементов схемы базирования элементами схемы установки и сокращения вариантов технических решений при выборе технологических баз.

**Пример.** Обработать отверстие, полученное литьем по Н8. На первом пере-

ходе (операции) могут применяться предварительное растачивание или предварительное зенкерование, обеспечивающие точность расположения и прямолинейность оси отверстия. В качестве окончательных переходов (операций), обеспечивающих точность размеров, формы и качество поверхностного слоя, можно назначить развертывание, тонкое растачивание и протягивание.

На выбор конкретного варианта обработки в данном случае значительное влияние оказывают тип производства и конкретная производственная обстановка. Так, протягивание обычно применяется в серийном и крупносерийном производстве. Развертывание используется во всех типах производств, но требует, чтобы на предыдущих операциях были обеспечены прямолинейность и точность положения оси отверстия.

Тонкое растачивание может применяться во всех типах производства, но его использование обычно определяется наличием или отсутствием станков, соответствующих повышенным требованиям к точности, жесткости и кинематическим характеристикам.

В качестве промежуточных методов обработки возможны чистовое зенкерование и чистовое растачивание.

Применение того или другого метода определяется в основном требованиями точности расположения. Как правило, более высокую точность расположения и прямолинейность осей отверстий обеспечивает обработка однолезвийным инструментом, особенно на черновом и чистовом этапах.

Таким образом, для данного конкретного случая можно предложить десять различных маршрутов обработки отверстия. Для более наглядного представления возможных вариантов рекомендуется при анализе структуры маршрута пользоваться схемой, представленной на рисунке 3.6.



Рисунок 3.6 - Варианты обработки отверстия

Число вариантов, как показано выше, сокращается в зависимости от типа производства, вида и метода получения заготовки, жесткости детали, необходимости обработки некоторых поверхностей за один установ и т. п.

### **3.1 Проектирование технологического маршрута обработки**

На этом этапе разрабатывается общий план обработки заготовки, выбираются методы обработки поверхностей заготовки, уточняются технологические базы, предварительно выбираются средства технологического оснащения, намечается содержание операций.

Технологический маршрут проектируют на основе выбранного аналога — типового технологического маршрута.

Типовой маршрут является основой проектируемого маршрута. При изменении и дополнении типового маршрута руководствуются следующими методическими соображениями: при разборе типового маршрута и при проектировании рабочего необходимо разделить технологический процесс на этапы, выполняемые в порядке возрастания точности этапа, т. е. от черновых к чистовым. Различают три укрупненные стадии обработки: черновую (обдирочную), чистовую и - отделочную. В процессе черновой обработки удаляют основную массу металла и обеспечивают взаимное расположение поверхностей. Эта стадия связана с действием силовых и тепловых факторов, что влияет на точность окончательной обработки. После этой обработки часто вводят операции термообработки для снятия внутренних напряжений. Целью чистовой обработки является достижение заданной точности поверхностей детали и точности их взаимного расположения. Основное назначение отделочной обработки — обеспечение требуемой точности и топографии обработанных поверхностей.

В таблицах 3.2 и 3.3 приведены этапы технологического процесса при обработке деталей и их краткая характеристика.

При проектировании принципиальной схемы маршрута обработки решаются следующие вопросы:

1. Составляется укрупненный план обработки заготовки, устанавливающий последовательность операций (или групп операций), а также содержание и место в плане обработки термических, гальванических, слесарных, контрольных операций. При этом в качестве основы может быть выбран типовой маршрут-аналог или использованы рекомендации (таблица 3.2) по разбиению маршрута на этапы. Количество этапов или стадий для каждой конкретной детали может быть различным.

2. Проверка возможности использования при базировании на первых операциях необрабатываемых поверхностей детали, связанных размерами или

соотношениями точности взаимного расположения с обработанными поверхностями.

Таблица 3.2 - Этапы технологического процесса

№ п/п	Наименование этапов	Назначение и характеристика этапов
1	Заготовительный	Получение заготовки, её термообработка
2	Черновой	Съём лишних припусков и напусков. Достигаемая точность обработки IT12...IT15
3	Термический 1	Термообработка – «улучшение», старение
4	Получистойой 1	Достигаемая точность обработки IT11...IT13. Шероховатость $Ra = 6,3$ мкм
5	Термический 2	Цементация
6	Получистойой 2	Съём цементационного слоя на поверхностях, предохраняемых от цементации
7	Термический 3	Закалка, улучшение
8	Чистойой 1	Точность обработки IT6...IT10. Шероховатость $Ra = 0,63$ мкм
9	Термический 4	Азотирование, старение
10	Чистойой 2	Шлифование поверхностей, не подлежащих азотированию
11	Чистойой 3	Точность обработки IT5...IT7. Шероховатость $Ra = 0,16$ мкм
12	Гальванический	Хромирование, никелирование и т.п.
13	Отделочный 1	Получение малой шероховатости $Ra = 0,08...0,04$ мкм

Выявление основных конструкторских баз, определяющих положение детали в машине, выделение требований по точности взаимного расположения, формы, размеров; принятие предварительных решений о возможности совмещения технологических и конструкторских баз или целесообразности создания специальных технологических баз.

Таблица 3.3 - Этапы обработки

№ п/п	Содержание этапов обработки и достигаемые характеристики точности геометрических параметров
1	Обработка поверхностей, которые будут использованы в качестве технологических баз на последующих этапах (с приданием им заданного положения относительно основных баз детали и системы необрабатываемых поверхностей)
2	Черновая обработка главных поверхностей, имеющих наибольшее значение для работы детали в машине, обладающих большой длиной, не допускающих наличия дефектов. Точность размеров IT12...IT14, формы и расположения X...XII степени, $Ra = 3,2...6,3$ мкм.
3	Термообработка для снятия внутренних напряжений I и II рода

4	Правка баз и полуступенчатая обработка главных поверхностей. Точность размеров ЛТ8, ЛТ9, формы и расположения VI...VII степени, $Ra = 1,60...3,2$ мкм
5	Термообработка для улучшения качества срединных и поверхностных слоёв материала детали
6	Правка баз и чистовая обработка главных поверхностей. Точность размеров ЛТ8, ЛТ9, формы и расположения VI...VIII степени, $Ra = 0,8...1,6$ мкм
7	Выполнение второстепенных операций (сверление крепежных отверстий, снятие фасок, прорезка канавок) и обработка легкоповреждаемых поверхностей (например, нарезание резьбы)
8	Отделка главных поверхностей. Точность размера ЛТ5...ЛТ7, формы и расположения VI...VII степени, $Ra = 0,2...0,4$ мкм
9	Подгонка по массе, зачистка заусенцев и притупление острых кромок
10	Окончательный контроль

3. Выявление технологических комплексов поверхностей (как правило, основные конструкторские базы), представляющих собой совокупность поверхностей, которые следует обрабатывать с соблюдением принципа постоянства баз, т. е. с одной установки (по возможности) и без смены позиции.

Как известно, точность взаимного положения поверхностей одного такого комплекса определяется лишь погрешностями обработки и не зависит от погрешностей установки. Поэтому в технологический комплекс обычно включают поверхности, связанные жесткими допусками на взаимное положение.

Производят «технологическую разметку» чертежа. Поверхности, подлежащие обработке, обозначают на чертеже детали номером. Номера установленных комплексов поверхностей и составляющих их отдельных поверхностей заносят в сводную таблицу.

4. Выбор, первого (базового) комплекса поверхностей. В первый технологический комплекс необходимо включить те поверхности, которые составят постоянный комплект технологических баз, или поверхности, которые войдут в разные комплекты баз для последующих операций.

5. Подбор типов оборудования и выбор схем установки для всех этапов обработки каждого технологического комплекса поверхностей; установление рациональной очередности обработки разных технологических комплексов.

6. Уточнение перечня специальных и вспомогательных операций и их места в маршруте обработки заготовки.

7. Уточнение условий на поставку заготовки.

В ряде случаев необходимо провести в заготовительных цехах высокотемпературный отжиг заготовок для снятия внутренних напряжений, а также отрезку литников и прибылей и выполнение обдирки для снятия напусков.

Количество этапов для конкретной детали может быть различным в зависимости от конструктивных особенностей детали: вида и материала заготовки, точности и шероховатости поверхностей детали, ее термообработки.

Для конкретной детали обычно используются не все этапы. Например, при токарно-револьверной обработке деталей из прутка совмещаются этапы 2 и 4. Для корпусных деталей из чугуна и цветных сплавов вся обработка сосредоточена на 3-м и 4-м этапах и т. д.

Обработка поверхности детали производится в следующей последовательности:

а) в первую очередь создают базы для дальнейшей обработки, т. е. обрабатывают поверхности, принятые за базы, используя первые операции технологического маршрута, при этом черновыми базами служат необработанные поверхности;

б) обрабатывают поверхности, где дефекты недопустимы, и поверхности, определяющие контур и габариты детали. На этом этапе снимают основную массу металла;

в) определяют дальнейшую последовательность обработки поверхностей, руководствуясь системой простановки размеров, в первую очередь желательно обрабатывать те поверхности, относительно которых координировано большинство других поверхностей;

г) обрабатывают все поверхности детали в последовательности обратной их точности, самая точная поверхность обычно обрабатывается в последнюю очередь. При обработке точных поверхностей технологический маршрут, как правило, разбивают на черновой, чистовой и отделочный этапы;

д) учитывают влияние термической обработки на технологический процесс путем введения дополнительных операций, так как после термообработки точность понижается, например, у зубчатых колес на одну степень точности вследствие коробления, окисления и т. п.;

е) выполняют обработку не основных поверхностей (нарезание резьбы, снятие фасок и пр.) на стадии чистовой обработки;

ж) обрабатывают легко поврежденные поверхности;

з) планируют операции технического контроля перед сложными и дорогостоящими операциями, а также в конце обработки.

Сведения о характеристиках обрабатываемой поверхности и методах ее обработки, о детали в целом дают возможность наметить тип станка, вид инструмента, средства и методы контроля. Присутствие сложных поверхностей указывает на необходимость применения оборудования определенного назначения (зубофрезерного, копировального и т. п.).

Предусматриваются и необходимые контрольные операции с выбором средств технического контроля и измерений. Контрольно-измерительные средства выбирают в зависимости от точности контролируемого параметра и конструктивных особенностей изделия.

Выбранные средства технологического оснащения уточняются при определении содержания операций.

Рассмотрим несколько примеров проектирования технологических мар-

шрутов для различных типов корпусных деталей.

### **Примеры проектирования маршрута изготовления корпусных деталей**

На рисунке 3.7 показан корпус червячного редуктора с технологической разметкой поверхностей. На чертеже не показаны требования к точности взаимного расположения и качеству поверхностного слоя для упрощения чертежа.

#### *Анализ исходных данных*

Маршрут проектируется для обработки чугуновой заготовки в условиях серийного производства.

При анализе чертежа наносится технологическая цифровая нумерация обрабатываемых поверхностей. Комплексам одинаковых поверхностей (например, крепежным отверстиям) присваивается один номер с добавкой буквы *k*. После выбора необрабатываемых поверхностей или исходных поверхностей для установки заготовки на первых операциях они обозначаются буквами.

Особое внимание обращается на требования точности взаимного расположения поверхностей:

- отклонение от перпендикулярности проекций осей *1 - 1* и *2-2* -  $0,05/100$ ;

- отклонение от соосности отверстий диаметрами  $62H7$  и  $180H7$  относительно оси *1 - 1* не более  $0,02$  мм;

- отклонение от соосности двух отверстий диаметрами  $62H7$  относительно оси *2 - 2* не более  $0,03$  мм;

- отклонение от перпендикулярности торцов к осям *1 - 1* и *2-2* -  $0,05/100$ ;

- точность относительного положения основных обрабатываемых поверхностей -  $58 \pm 0,1$ ;  $100 \pm 0,3$ ,  $207_{-1,5}^{-0,5}$ , а межосевое расстояние  $105,25^{+0,06}$ ;

- связи обрабатываемых поверхностей с необрабатываемыми заданы размером  $17Js12$  и номинальной соосностью бобышек диаметрами  $92$  и  $96$  мм соответственно относительно осей *1 - 1* и *2 - 2*.

### **3.2 Разработка схемы маршрута**

1. За основу разработки укрупненного плана обработки корпуса принимается типовая схема последовательности этапов обработки (см. таблицу 3.3).

2. В результате анализа простановки размеров (см. рисунок 3.7) и технических требований к расположению поверхностей, устанавливается, что основными базами детали являются: поверхность *1* - установочная явная база; ось *1 - 1* - двойная упорная скрытая база; ось *2 - 2* - упорная скрытая база, используемая для наложения связи, лишаящей детали поворота вокруг оси *1-1*.

3. Конструкция детали дает возможность использования при установках заготовки на первых операциях поверхности *L* (для обработки платиков *1k* в размер  $17Js12$ ) и поверхностей *G* и *F* (для материализации осей *1-1* и *2 - 2* соот-



ветственно).

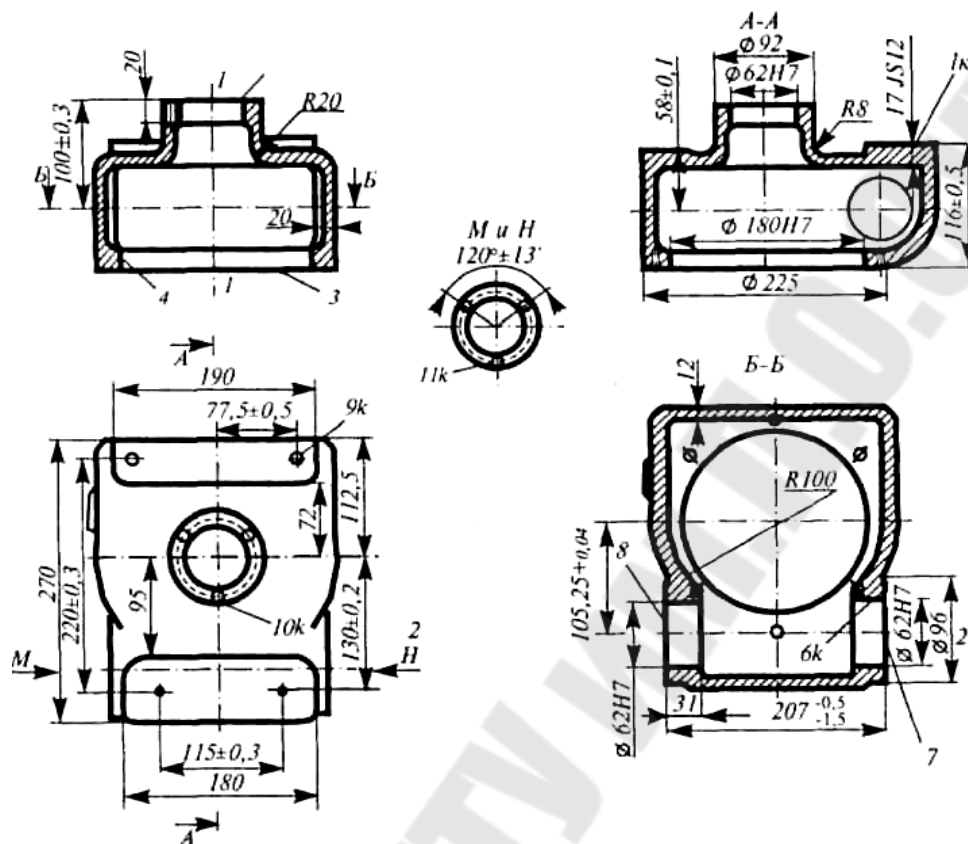


Рисунок 3.7 - Эскиз корпусной детали с технологической разметкой поверхностей

Имеется также возможность использования отверстий  $9k$  в платиках в качестве специальных технологических баз для установки заготовки по плоскости и двум отверстиям.

3. Выделяются технологические комплексы поверхностей, которые следует обрабатывать с одной установки, исходя из заданной точности их взаимного расположения: комплекс *I* - поверхности  $1k$ , которые должны лежать в одной плоскости, и торец  $2$ ; комплекс *II* - отверстия  $4$  и  $5$  и торец  $3$ ; комплекс *III* - отверстия  $6k$  и торцы  $7$  и  $8$ .

С учетом удобства обработки с одной установки, постоянства настройки станка и общности кондукторов и установочных приспособлений объединяются в технологические комплексы: комплекс *IV* - отверстия  $9k$  и  $10k$ ; комплекс *V* - отверстия  $11k$ .

4. Исходя из заданных требований к расположению поверхностей устанавливается следующая последовательность обработки разных технологических комплексов. Сначала обрабатываются поверхности комплекса *I*, включающие основную установочную явную базу; потом поверхности комплекса *II*,

так как ось  $l - 7$  должна быть перпендикулярной к поверхности  $lk$ ; затем поверхности комплекса III, поскольку положение оси  $2 - 2$  задано относительно плоскости  $lk$  и оси  $l-l$ . После этого можно вести обработку поверхностей комплексов IV и V.

Таким образом, принятая нумерация технологических комплексов соответствует рациональной последовательности включения их в обработку.

Принятые решения о составе технологических комплексов поверхностей и об очередности включения их в обработку с указанием выходных характеристик точности обработанных поверхностей приведены в таблице 3.4.

5. По данным таблицы 3.3 устанавливаются ориентировочно для каждого комплекса поверхностей перечень этапов обработки, а для каждой поверхности - число ступеней обработки; подбирается оборудование и разрабатываются схемы установок. Принятые решения занесены в таблице 3.4.

Каждая из приведенных ниже схем базирования обозначена буквой У и двумя цифрами: первая цифра указывает номер комплекса обрабатываемых поверхностей, вторая - номер варианта схемы базирования.

При обработке первых трех комплексов поверхностей возможны две схемы базирования: по принципу совмещения технологических и конструкторских баз (рисунок 3.8, а, б, в) и по принципу постоянства технологических баз (рисунок 3.8, б, в).

На схемах базирования У11 и У12, показанных на рисунке 3.8, а, представлены два решения обработки комплекса I поверхностей: фрезерование и обработка на токарно-карусельном станке. При отсутствии продольно-фрезерного станка второе решение предпочтительно: поверхности располагаются в одной плоскости, обеспечивается совмещение переходов за счет использования бокового и верхнего суппортов.

На схемах базирования У21, У22 (рисунок 3.8, б) и У31 (рисунок 3.8, в) показаны токарно-карусельная черновая и чистовая операции обработки комплекса II поверхностей и расточные операции обработки комплекса III поверхностей при базировании по принципу совмещения технологических и конструкторских баз. Схема У22 предусматривает использование выдвижного пальца для центрирования по отверстию диаметром 62 мм (после закрепления детали палец выводят из отверстия).

Для базирования с соблюдением принципа постоянства технологических баз на схемах установок У23 (рисунок 3.8, б) и У32 (рисунок 3.8, в) показаны установки заготовки при обработке комплексов II и III поверхностей на разных станках, а на схеме установки У33 - при обработке комплексов II и III поверхностей в одну операцию на двух позициях.

Очевидно, установки по схемам У23 и У32 не следует применять, так как смещения и повороты заготовки при двукратной установке на два пальца внесут нежелательные погрешности во взаимное расположение поверхностей комплексов II и III.

При использовании принципа постоянства баз сразу после обработки комплекса I поверхностей необходимо сверлить и развертывать специальные базовые отверстия.

Таблица 3.4 - Первый вариант технологического процесса изготовления корпуса редуктора

Номера комплекса поверхностей	I		II				III		IV		V
	1к	2	3	4	5	6к	7	8	9к	10к	11к
Требуемая точность	17j <sub>B</sub> 12	42±0,2	116 $\pm$ 0,5	$\varnothing$ 180H7	$\varnothing$ 62H7	$\varnothing$ 62H7	31±0,5	207 <sup>-0,5</sup> <sub>-1,5</sub>	M12	M8	M8
Число ступеней обработки	1	2	1	3	3	3	1	1	2	2	2
Операция (черновая)	005 Токарная		010 Токарно-карусельная			015 Горизонт.-расточная					
Оборудование	1508		1508			2615					
Установ	У12		У21			У31					
Число ступеней обраб.	1	2	1	1	1	1	1	1			
Точность обработки	17j <sub>B</sub> 12	42±0,2	116±0,5	IT12	IT12	IT12	31±0,5	207 <sup>-0,5</sup> <sub>-1,5</sub>			
Операция (получистовая)			020 Токарно-карусельная			025 Горизонт.-расточная			030 Сверлильная		035 Сверлильная
Оборудование				1508			2615				
Установ				У22			У32		2E52		2E52
Число ступеней обраб.				1	1		1	1	2	2	2
Точность обработки				IT9	IT9		IT9	IT9	8H	8H	8H

Как показано на схеме установки У41 (рисунок 3.9), для выполнения этой операции требуется довольно сложное установочно-зажимное приспособление, применение которого окупается только при достаточно-большом объеме производства. В таблице 3.3 занесены решения, соответствующие схеме базирования по принципу совмещения технологических и конструкторских баз.

Схема базирования при обработке комплексов IV и V поверхностей (крепжных отверстий) на радиально-сверлильном станке не представляют особого интереса и поэтому не показаны.

6. Для корпуса червячного редуктора не требуется включения в технологический процесс специальных операций, обеспечивающих особые характеристики срединных и поверхностных слоев материала детали, весовые параметры и товарный вид.

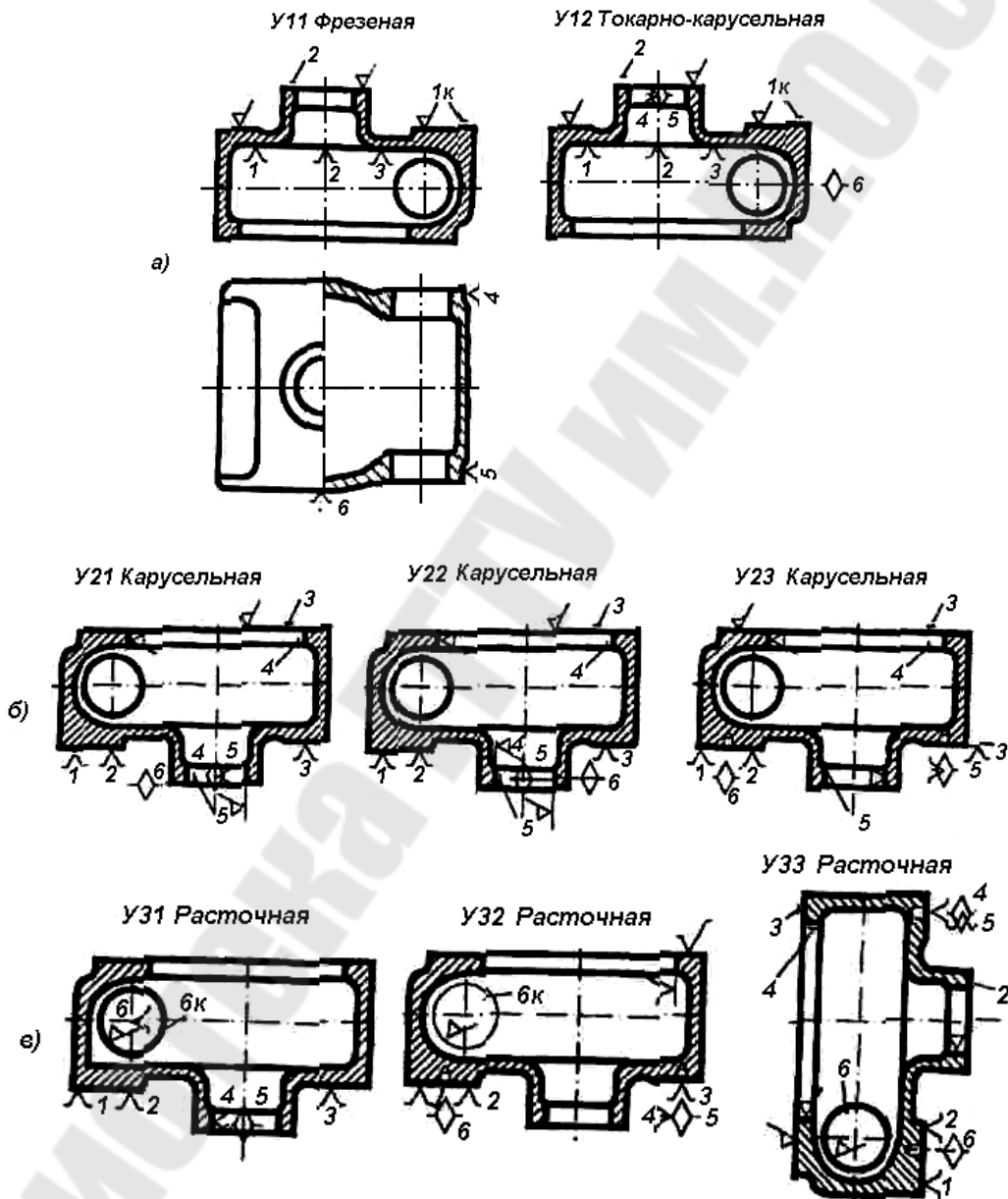


Рисунок 3.8 - Схемы базирования при обработке поверхностей:  
 а – комплекса I; б – комплекса II; в - комплекса III.

Высокотемпературный отжиг для снятия внутренних напряжений первого рода можно выполнить до начала механической обработки.

Уменьшение влияния сил закрепления и накопленных тепловых деформаций на точность предусмотрено разделением процесса обработки на три этапа: черновой, полустойковой и чистовой.

7. В условия поставки заготовки включается выполнение высоко-температурного отжига для снятия внутренних напряжений первого рода.

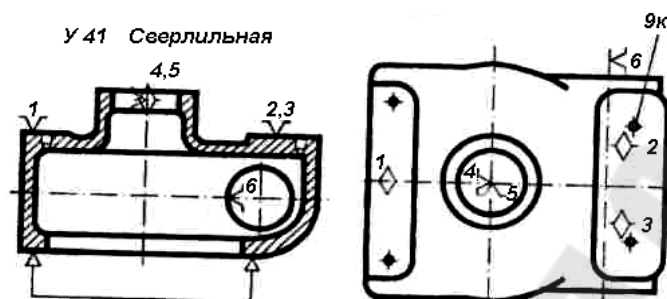


Рисунок 3.9 - Схема базирования для обработки баз

### 3.3 Выбор маршрутов обработки отдельных поверхностей

Результаты укрупненного формирования операций отражены в таблице 3.4. Для корпуса, показанного на рисунке 3.7, возможны и другие варианты построения маршрутного технологического процесса. Так, в таблице 3.5 показаны второй и третий варианты схемы маршрута обработки.

Таблица 3.5 - Дополнительные варианты маршрута обработки корпуса

Операция	Второй вариант	Операция	Второй вариант
1	2	3	4
005	Токарно-карусельная, У12 Обработка поверхностей I комплекса	010	Радиально-сверлильная, У41. Сверление отверстий в платиках 1к, развертывание двух базовых отверстий
010	Токарно-карусельная, У21 Предварительная обработка комплекса II поверхностей	015	Горизонтально-расточная, У33. Предварительная обработка комплекса II и III поверхностей (со сменой позиций)
015	Горизонтально-расточная У31. Предварительная обработка комплекса III поверхностей	020	Сверлильная, обработка крепежных отверстий комплекса IV
020	Сверлильная, обработка крепежных отверстий комплекса IV	025	Сверлильная, обработка крепежных отверстий комплекса V
025	Сверлильная, обработка крепежных отверстий комплекса V	030	Горизонтально-расточная, У33. Окончательная обработка поверхностей комплекса II и III со сменой позиций

Окончание таблицы 3.5

1	2	3	4
030	Токарно-карусельная, У22. Окончательная обработка поверхностей комплекса II	035	Слесарная. Зачистка
035	Горизонтально-расточная, У31. Окончательная обработка поверхностей комплекса III	040	Контрольная
040	Слесарная. Зачистка		
045	Контрольная		

Решения по выбору планов обработки поверхностей производится по рекомендациям таблиц средне-экономических достижимых точностей обработки (см. таблицы 3.6...3.10 и приложение А). Согласно приведенным там рекомендациям заданная точность обработки поверхностей 1...3 будет достигнута двукратной подрезкой; для отверстий 4...6 потребуются три ступени обработки: растачивание черновое IT11, чистовое до IT9 и тонкое до IT7.

Проверка этих решений может быть проведена расчетом уточнений или расчетами точности при проектировании операций и переходов.

Таблица 3.6 - Основные методы и виды обработки наружных цилиндрических поверхностей

Обработка давлением			
Обкатывание		Выглаживание	
<i>IT</i>	<i>Ra</i>	<i>IT</i>	<i>Ra</i>
10...8	0,08...0,01	7...6	0,8...0,05

Таблица 3.7 - Основные методы и виды обработки внутренних цилиндрических поверхностей (отверстий)

Обработка давлением					
На металлорежущем оборудовании					
Раскатывание		Колибрование		Выглаживание	
<i>IT</i>	<i>Ra</i>	<i>IT</i>	<i>Ra</i>	<i>IT</i>	<i>Ra</i>
10...8	6,3...0,4	8...6	6,3...0,1	6...5	0,4...0,1

Таблица 3.8 - Основные методы и виды обработки плоских поверхностей

Обработка лезвийным инструментом					
Шабрение				Доводка	
Ручное		Механическое		Окончательная	
<i>IT</i>	<i>Ra</i>	<i>IT</i>	<i>Ra</i>	<i>IT</i>	<i>Ra</i>
7...6	0,63...0,08	8...7	0,8...0,1	5...3	0,32...0,04

Таблица 3.9 - Основные методы формообразования зубьев зубчатых колес

10...9	Ст. точн.	Модульной фрезой	фрезерование	Зубонарезание
12,5...6,3	<i>Ra</i>			
10...8	Ст. точн.	Червячной фрезой		
6,3...3,2	<i>Ra</i>			
8...7	Ст. точн.	Зубодолбление		
3,2...1,6	<i>Ra</i>			
7...6	Ст. точн.	Зубострогание		
3,2...0,8	<i>Ra</i>			
8...7	Ст. точн.	Зуботочение		
3,2...1,6	<i>Ra</i>			
7...8	Ст. точн.	Зубопротягивание		
3,2...0,8	<i>Ra</i>			
7...6	Ст. точн.	Шевингование зубьев		Отделка зубьев
1,25...0,63	<i>Ra</i>			
6...5	Ст. точн.	Хонингование зубьев		
0,5...0,1	<i>Ra</i>			
6...5	Ст. точн.	Шлифование зубьев		
1,25...0,5	<i>Ra</i>			
7...5	Ст. точн.	Обкатывание зубьев		Обработка давлением
1,0...0,32	<i>Ra</i>			
9...8	Ст. точн.	Накатывание зубьев		
2,0...0,8	<i>Ra</i>			



Таблица 3.10 - Основные методы электрофизической и электрохимической обработки

		Виды обработки	
		Электрофизическая	
		Электроэрозионная	
10...6	<i>IT</i>	Электроискровая	
25...0,1	<i>Ra</i>		
11...10	<i>IT</i>	Электроимпульсная	
5...1,6	<i>Ra</i>		
11...10	<i>IT</i>	Электроконтактная	
5...0,4	<i>Ra</i>		
10...6	<i>IT</i>	Анодномеханическая	
1,6...0,025	<i>Ra</i>		
9...6	<i>IT</i>	Ультразвуковая	
1,6...0,025	<i>Ra</i>		
-	<i>IT</i>	Плазменная	
-	<i>Ra</i>		
11...10	<i>IT</i>	Лазерная	
2,5...0,32	<i>Ra</i>		
10...9	<i>IT</i>	Электронно-лучевая	
3,2...0,8	<i>Ra</i>		
11...9	<i>IT</i>	Размерная в проточном электролите	
3,3...0,4	<i>Ra</i>		
9...6	<i>IT</i>	Полирование	
0,4...0,02	<i>Ra</i>		
10...8	<i>IT</i>	Анодно-гидравлическая обработка	
12,5...0,8	<i>Ra</i>		
10...7	<i>IT</i>	Электроэрозионнохимическая	
3,2...0,4	<i>Ra</i>		
10...6	<i>IT</i>	Ультразвуковая и электрохимическая	
1,6...0,02	<i>Ra</i>		
		Электрохимические	
		Комбинированные	

Второй вариант отличается от рассмотренного варианта (таблица 3.4) решениями по формированию операций обработки комплексов II и III поверхностей: для каждого из этих комплексов два этапа обработки совмещены в одну операцию (при этом возможно совмещение черновой и получистовой обработки либо получистовой и чистовой). Для проверки рациональности такого решения следует выполнить расчеты точности.

В третьем варианте использовано базирование, основанное на принципе постоянства технологические баз и совмещении обработки комплексов II и III на одной установке, со сменой позиций по схеме УЗЗ (см. рисунок 3.8, в). Этот вариант может оказаться предпочтительным при достаточно большом объеме выпуска, когда изготовление сложных установочно-зажимных приспособлений для схем установок У41 (см. рисунок 3.9) и УЗЗ (см. рисунок 3.8, в) окупится за счет сокращений общего числа операций и, соответственно, сокращения суммарного оперативного и подготовительно-заключительного времени.

Остальные этапы выполняются по типовым рекомендациям [2,3,6,9,23,24,26,30].

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А1- Показатели качества обработки строганием и долблением

Вид обработки	Квалитет точности размера	Параметр шероховатости, $Ra$ , мкм	Погрешность формы и расположения, мкм/100 мм		
			Неплоскостность	Непараллельность	Неперпендикулярность
Предварительная	11...13	12,5...25	20...60	12...50	20...60
Чистовая	9...11	2,5...6,3	4...20	5...12	6...20
Отделочная	6...9	0,6...1,3	2...4	3...5	3...6

Таблица А2 - Типовые режимы обработки при строгании и долблении

Характер обработки	Показатели режима резания	Станок		
		долбежный	поперечно-строгальный	продольно-строгальный
Предварительная обработка плоскостей	$t$ , мм	2...6	3...10	8...20
	$s$ , мм/дв. ход	0,3...1,5	0,3...2	0,6...3,5
	$v$ , м/мин	20...40	20...40	20...40
Предварительная обработка пазов	$s$ , мм/дв. ход	0,1...0,3	0,15...0,3	0,3...0,6
	$v$ , м/мин	8...16	12...18	12...18
Чистовая обработка плоскостей	$t$ , мм	1...2	1...2	2...3
	$s$ , мм/дв. ход	0,3...1	0,3...1	0,6...2
	$v$ , м/мин	30...60	40...80	16...35

Таблица А3 - Показатели качества обработки при точении

Способ и вид обработки	Квалитет точности размера	Параметр шероховатости $Ra$ , мкм	Степень точности формы
Обтачивание:			
предварительное	12...14	25...50	10...17
получистовое или однократное	10...12	6,3...25	9...11
чистовое	8...10	2,5...12,5	6...8
тонкое	6...9	0,63...1,25	5,6
Растачивание:			
предварительное	11...13	12,5...25	9...11
чистовое	8...10	2,5...6,3	6...8
тонкое	5...7	0,32...1,25	4...6
Подрезание:			
предварительное	14, 15	25...50	10...11
чистовое	10...13	6,3...25	9...10
тонкое	8...10	0,63...2,5	6...8

Таблица А4 - Погрешности расположения осей отверстий после растачивания

Тип станка	Метод координации инструмента	Погрешность расстояния, мкм	Неперпендикулярность на длине 1000 мм, мкм
Горизонтально-расточной	По шкале с нониусом	200...400	
	По концевым мерам	50...100	
	По индикаторному упору	40...80	
	С помощью ЧПУ	25...60	40...100
	Поворот и выверка заготовки		50...100
	Поворот стола		60...300
Координатно-расточной	По шкале оптической линейки	5...20	
	Поворот стола		10...40
Алмазно-расточной	По направляющим силовых головок		
		10...50	20...60
Агрегатный	С направлением оправок	25...70	50...100
	Без направления оправок	50...100	70...140

Таблица А5 - Типовые режимы точения

Вид обработки	Показатели режима	Способ обработки		
		Продольное обтачивание	Продольное растачивание	Фасонное поперечное точение
Предварительная и однократная	$t$ , мм	2...8	2...6	-
	$s$ , мм/об	0,5...1,2	0,2...2\0,8	0,03...0,09
	$v$ , м/мин	120...150	120...150	50
Чистовая				
$Ra = 12,5$ мкм	$t$	1...2	0,8...1,6	
	$S$	0,4...0,6	0,25...0,4	
$Ra = 6,3$ мкм	$t$	0,4...1	0,3...0,8	
	$S$	0,25...0,4	0,15...0,25	
$Ra = 2,5$ мкм	$t$	0,1...0,3	0,1...0,25	
	$S$	0,1...0,2	0,08...0,15	
	$v$	150...190	150...190	
Тонкая (отделочная)	$t$	0,03...0,1	0,03...0,05	
	$S$	0,08...0,12	0,06...0,1	
	$v_1$	150...250	120...200	
	$v_2$	300...500	300...400	

Примечания. Скорость резания при материале режущей части резца:

$v_1$  – Т30К4,  $v_2$  – для алмаза;  $t$  – глубина резания;  $S$  – подача;  $v$  – скорость резания (во всех таблицах параметров режима)

Таблица А6 - Точность расположения отверстий, связанная с уводом сверла

Показатель точности	Диаметр сверла, мм (отверстия)	Обработка на станках		
		сверлильных		агрегатных
		по разметке	по кондуктору	
Общее смещение оси, мм	6...30	0,5...1	0,1...0,3	-
Неперпендикулярность оси, мм/100 мм	6...30	0,5...1	0,1	-
Смещение оси относительно кондукторной втулки, мм	6...10	-	-	0,13
	10...18	-	-	0,15
	18...30	-	-	0,2
Отклонение межосевого расстояния между отверстиями, мм	6...10	-	-	0,23
	10...18	-	-	0,25
	18...30	-	-	0,35

Таблица А7 - Средние показатели режима сверления

Способ обработки	Показатели			Материал режущей части
	$t$ , мм	$S$ , мм/об	$v$ , м/мин	
Сверление винтовыми свёрлами	$0,5 d$	$(0,012...0,016) d$	18...30	Сталь Р6М5 Твёрдый сплав Т15К6
	$0,5 d$	$(0,008...0,01) d$	45...80	
Глубокое сплошное сверление	$0,5 d$	$0,0025 d$	120...160	Твёрдый сплав Т15К6
Глубокое кольцевое сверление	$0,15 d$	$0,0025 d$	160...200	Твёрдый сплав Т15К6

Таблица А8 - Показатели качества обработки при зенкерование и развёртывании

Характеристики качества поверхности	Способ и вид обработки				
	Зенкерование		Развёртывание		
	предварительное	чистовое	нормальное	точное	тонкое
Квалитет точности диаметра	11...12	9...10	8...9	7...8	5...6
Параметр шероховатости $Ra$ мкм	12,5...25	6,3...12,5	2,5...5	1,25...2,5	0,63...1,25
Степень точности формы	10...11	9	8	6...7	5

Таблица А9 - Погрешность расположения отверстия

Диаметр отверстия, мм	Зенкер с креплением		Развёртка с направлением	
	жёстким	плавающим	нормальной точности	повышенной точности
До 12	0,10	0,08	-	-
12...18	0,09	0,08	0,042	0,038
18...30	0,12	0,10	0,047	0,045
30...50	0,14	0,13	0,052	0,049
50...60	-	0,07	0,028	0,026
60...80	-	0,06	0,018	0,016

Таблица А10 - Средние режимы зенкерования и развёртывания

Способ обработки	Показатели режима обработки			Материал режущей части
	$t$ , мм	$S$ , мм/об	$v$ , м/мин	
Зенкерование	1,3	0,025 $d$	15...25 40...55	Сталь Р6М5 Т15К6
Развёртывание	0,05...0,2	0,06 $d$ 0,02 $d$	5...10 20...30	Сталь Р6М5 Т15К6
Развёртывание однолезвийной развёрткой	0,1...0,3	0,1...0,5	4...10	Сталь Р6М5

Таблица А11 - Показатели качества обработки при протягивании

Вид протягивания	Квалитет точности размера	Показатель шероховатости $Ra$ , мкм	Степень точности формы
Внутреннее предварительное	10,11	1,25...3,2	8...10
Внутреннее чистовое	6...9	0,32...1,25	4...8
Наружное однократное	7...10	1,25...6,3	6...8

Таблица А12 - Типовые режимы протягивания стали

Показатели режима	Протягивание				
	внутреннее			наружное	
	круглых отверстий	штицевых отверстий	шпоночных пазов	плоскостей и пазов	фасонных поверхностей
$l$ , мм	0,3...0,8	3...7	3...7	1...3	1...3
$S_z$ , мм/зуб	0,02...0,04	0,05...0,1	0,05...0,2	0,1...0,5	0,1...0,3
$v$ , м/мин	6/8	5/8	7/10	7...10	7/10

Примечание.  $l$  - припуск,  $S_z$  - подача на зуб, значения скорости резания  $v$  в числителе относятся к 8-му и 9-му квалитетам точности, а в знаменателе - 10-му и 11-му.

Для достижения более высокой точности и обеспечения значений  $Ra = 0,32...0,63$  мкм принимается  $v = 2...3$  м/мин.

Таблица А13- Показатели качества обработки при фрезеровании

Вид обработки	Квалитет точности размера	Показатель шероховатости $Ra$ , мкм	Погрешность формы и положения, мкм/100мм		
			Неплоскостность	Непараллельность	Неперпендикулярность
Плоскости					
Предварительная	11...13	12,5...25	15...50	20...65	20...60
Чистовая	9...11	1,25...6,3	6...20	4...20	5...25
Тонкая	6...9	0,63...1,25	3...15	2...8	3...10
Пазы или выступы					
Предварительная	11...12	12,5...25	15...50	15...60	15...60
Чистовая	9...10	2...6,3	5...15	5...20	5...25

Таблица А14 - Типовые показатели режима фрезерования (для стали)

Вид обработки	Показатели режима	При обработке фрезой				Примечание	
		торцевой	цилиндрической	дисковой	концевой		
Предварительная	$D$ , мм	160...250	80...160	150...250	20...40	Режущая часть из Т15К6	
	$z$	8...20	10...16	12...16	4		
	$t$ , мм	4...20	20...50	20...50	3...10		
	$S_z$ , мм/зуб	1...1,5	0,7...1,2	0,5...0,7	0,3...0,5		
	$v$ , м/мин	250	150	200	150		
Чистовая	$t$ , мм	1...2	1...1,5	1...1,5	1...1,5	$Ra$ , мкм	
	$S_0$ , мм/зуб	0,4...0,6	0,2...0,3	0,2...0,3	0,2...0,3		2,5
		0,2...0,3	0,1...0,2	0,1...0,2	0,1...0,2		1,25
		0,15	0,06	0,06	0,06		0,63
	$v$ , м/мин	300	250	200	150		

Таблица А15 - Технологические показатели эластичного шлифования

Способ и вид обработки	Зернистость абразива	Удельное давление, МПа	Скорость обработки, м/с	Шероховатость $Ra$ , мкм
Зачистка	40...50	0,2...0,4	20...30	1,15...2,5
Шлифование	16...25	0,05...0,2	20...30	0,32...1,25
Полирование	8...12	0,1...0,2	10...30	0,16...0,63
предварительное	М6...М20	0,05...0,15	10...30	0,04...0,32
окончательное	М5...М10	0,05...0,1	10...30	0,02...0,08
тонкое	или паста ГОИ			

Таблица А16 - Показатели режима шлифования и качества обработки

Код способа и вида шлифования	Показатели режима шлифования			Показатели качества шлифованной поверхности	
	$S_{рад}$ , мкм/проход или оборот заг.	$S_{рад}$ мм/ход или мм/оборот заг.	$V_{прод}$ , м/мин	Квалитет точности размера	Показатель шероховатости, $Ra$
КНП-п	10...25	(0,3...0,7)Н	12...25	8...9	2,5...6,3
КНП-ч	5...15	(0,2...0,4)Н	15...55	6...7	0,2...1,25
КНП-т	2...5	(0,1...0,7)Н	10...20	5...6	0,05...0,32
КНВ-п	2,5...8	-	30...50	8...9	2,5...6,3
КНВ-ч	1...5	-	20...40	6...7	0,2...1,25
КНВ-т	0,2...0,6	-	15...30	5...6	0,05...0,32
КВП-п	5...20	(0,4...0,7)Н	20...40	8...9	3,2...6,3
КВП-ч	2,5...10	(0,25...0,4)Н	20...40	6...7	0,32...1,6
КВП-т	1...3	(0,1...0,2)Н	20...40	5	0,08...0,32
КВВ-п	1,5...6	-	30...50	8...9	3,2...6,3
КВВ-ч	0,6...1,5	-	30...50	6...7	0,32...1,6
КВВ-т	0,2...0,5	-	30...50	5	0,08...0,32
ППП-п	1,5...40	(0,4...0,7)Н	8...30	8...10	1,6...6,3
ППП-ч	5...15	(0,2...0,4)Н	15...20	6...7	0,32...1,6
ППП-т	2...5	(0,1...0,2)Н	15...25	5...6	0,06...0,32
ПВП-п	8...20	-	10...30	8...10	1,6...6,3
ПВП-ч	1,5...6	-	15...25	6...7	0,32...1,6
ПВП-т	0,3...1	-	10...30	5...6	0,06...0,32

Примечание. Коды способов шлифования: КНП – круглое наружное с продольной подачей в долях ширины Н шлифовального круга; КНВ – круглое наружное врезное; КВП – круглое внутреннее с продольной подачей; КВВ – круглое внутреннее врезное; ППП – поперечное подачей периферией круга; ПВП – плоское с врезное периферией шлифовального круга. Коды способов шлифования: п – предварительное; ч – чистовое; т – тонкое (отделочное).

Таблица А17 - Зернистость брусков и припуски на хонингование серого чугуна

Параметры шероховатости $Ra$ , мкм		Припуск, мм	Номер зернистости
заданный	исходный		
2,5	5	0,08...0,16	12...16
1,25	2,5	0,05...0,08	10
0,63	1,25	0,02...0,03	6
0,32	0,63	0,005...0,008	M20...M28
0,16	0,63	0,005...0,008	M14...M20
0,08	0,32	0,005...0,008	M10...M14



Таблица А18 - Количество операций и припуски при хонинговании

Исходные значения		Номер операции	Припуск на операцию, мкм	Полученные значения	
погрешности формы	параметры $Ra$ , мкм			погрешности формы	параметры $Ra$ , мкм
100...150	10...2,5	1	150...200	15...20	2,5...0,63
		2	20...30	6...10	0,63...0,16
		3	12...15	4...5	0,32...0,08
50...90	10...2,5	1	80...120	10...18	2,5...0,63
		2	15...25	5...8	0,63...0,16
		3	8...12	3...4	0,32...0,08
25...40	5...1,25	1	50...70	8...12	1,25...0,32
		2	12...15	4...6	0,63...0,16
		3	6...12	2...3	0,32...0,08
12...15	2,5...0,63	1	25...35	5...9	1,25...0,16
		2	10...12	2...3	0,32...0,08
6...12	2,5...0,63	1	15...20	2...4	0,63...0,16
		2	4...6	1...2	0,32...0,08

Таблица А19 - Характеристики доводочных операций для плоских поверхностей

Требуемые характеристики		Количество операций	Припуск на операцию, мкм	Параметры абразива и режима			
точность, мкм	параметр $Ra$ , мкм			Зернистость	Скорость, м/мин	Давление, МПа	Время, мин
3...5	0,16	1	30...50	M28	50	0,13	4...5
1...2	0,08	1	30...50	M28	50	0,13	4...5
		2	5...10	M14	20	0,14	2...3
0,2...0,5	0,04	1	30...50	M28	50	0,13	4...5
		2	10...15	M7	20	0,14	2...3
		3	5...7	M3	12	0,11	2
0,1...0,3	0,01...0,02	1	30...50	M28	50	0,13	4...5
		2	10...15	M7	18	0,14	2...3
		3	5...7	M3	12	0,11	2
		4	1...2	M1...M2	8	0,09	2...3

Таблица А20 - Характеристика основных методов получения заготовок литьём

Метод получения	Масса заготовок, Т	Наименьшая толщина стенок, мм	Точность выполнения	Шероховатость $Ra$ , мкм	Материал	Тип производства
Разовые формы						
Литьё в песчано-глинистые формы: Ручная формовка по деревянным моделям	До 100	чугун 3...5 сталь 5...8 цветные сплавы 3...8	IT 17	80...20	чугун, сталь, специальные сплавы	единичное и мелкосерийное
Машинная формовка Машинная формовка по металлическим моделям	До 10 3...5		IT 16...17 IT 14...16	20...5 20...5		серийное крупносерийное и массовое
Литьё по выплавляемым моделям (выжимаемым, растворяемым, замораживаемым)	До 0,15	0,5	IT 11...12	10...25	труднообрабатываемые сплавы	серийное
Литьё в оболочковые формы: (песчано-смоляные, химически твердеющие)	До 0,15	сталь 3...5 алюминий 1...1,5	IT 13...14	10...25	чугун, сталь, цветные сплавы	серийное и массовое
Множественные формы						
Центробежное литьё	0,01...1	5...6	IT 12...14	40...10	чугун, сталь, цветные сплавы цветные сплавы	крупносерийное и массовое
Литьё под давлением	До 0,1	0,5	IT 8...12	5,0...0,63		
Литьё в кокиль	7 (чугун) 4 (сталь) 0,5	чугун 15, сталь 10	IT 12...15	20...25	чугун, сталь, цветные сплавы	серийное и массовое

Таблица А21 - Характеристика основных методов получения заготовок обработкой давлением

Метод получения заготовок		Размер или масса	Толщина стенок, мм	Точность	Шероховатость поверхности $Ra$ , мкм	Материал	Тип производства
Ковка	на молотах и прессах	До 250 т		На молотах по ГОСТ 7829-70, на прессах по ГОСТ 7062-79	До 12,5		единичное и мелкосерийное
	на молотах в подкладных кольцах и штампах на радиально-ковочных машинах	До 10 кг Диаметр прутка (трубы) до 150 мм	3...5	По ГОСТ 7829-70 0,1...0,6 (горячая); 0,04...0,4 (холодная)	До 12,5 До 0,4 (холодная)	углеродистые и легированные стали	мелкосерийное
Штамповка	на молотах и прессах	До 0,4 т	2,5	Классы Т4...Т5 по ГОСТ 7505-89			серийное и массовое
	на горизонтально ковочных машинах	До 30 кг	2,5	Классы Т4...Т5 по ГОСТ 7505-89			
	выдавливание	Диаметр до 200 мм	-	Классы Т3...Т4 по ГОСТ 7505-89	12,5...3,2		
	на чеканочных и кривошипно-коленных прессах	До 0,1 т	2,5	На 25...30% выше, чем на молотах			

**Примеры оформления технологической документации**  
*Комплект технологической документации*

**П4.1. Форма титульного листа техпроцесса**

ГОСТ 3170-84 Форма 2		Имя		Адрес	Учреждение	Подпись	Дата
Имя		Адрес		Учреждение		Подпись	Дата
Номер технической документации	24-2703019				КТП 02100 00014		
Вал						А	
<p>Министерство образования Республики Беларусь Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого</p> <p>Руководитель: Консультант:</p> <p><b>КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ</b> <b>НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ</b></p> <p>Разработал:</p>							
ТА							

**П4.2. Пример оформления маршрутной карты**

ГОСТ 3170-84 Форма 1		Имя		Адрес	Учреждение	Подпись	Дата
Имя		Адрес		Учреждение		Подпись	Дата
Имя		Адрес		Учреждение		Подпись	Дата
Номер технической документации	24-2402017				КТП 10100 00001		
Шестерня ведущая зубного моста						А	
М 01	Сталь 20ХМ2М ГОСТ4543-71						
М 02	Мат	МХ	ТМ	ТМХС	ВН	Мат. заказ	Профиль и размеры
	к.д	3,25	1	3,69	0,61	Штамповка	Ø100x220
Материал		Код материала		Деталь		Спецификация	
А 03	005 42% Вертикально-сверлильная		КТП 60142 00001, КТП 20142 00001;		ИОТ №113		
В 04	2Д132		1	18355	2	12Vp	1 1 1 - 1 - 0,313
А 04	010 4269 Фрезерно-центровальная		КТП 60142 00002, КТП 20142 00002;		ИОТ №148		
В 05	2982		1	19479	2	12Vp	1 2 1 - 1 - 0,707
А 06	015 4117 Токарно-копирвальная		КТП 60141 00003, КТП 20141 00003;		ИОТ №145		
В 07	1Н113		1	19158	3	12Vp	1 1 1 - 0,65 - 1,543
А 12	020 4117 Токарно-копирвальная		КТП 60141 00004, КТП 20141 00004;		ИОТ №145		
В 13	1Е113		1	19158	3	12Vp	1 1 1 - 0,65 - 1,356
<b>МАРШРУТНАЯ КАРТА</b>							

### П4.3. Пример оформления маршрутной карты

Дула		Лин		Год		Изм		Лист		№ документа		Подпись		Дата	
												02100.00033			
Разработчик		Исполнитель		Коды		Техническая характеристика		54-60643		КТМ		10100.00007			
Колеса зубчатое															
М 01		Код		ГВ		МД		КН		ТН раск		КМН		Код заглав	
М 02		кг		2,10		1		3,90		0,54		Штамповка		Профиль и размеры	
А		Цел		Уч		РН		Спер		Код наименования операции		Обозначение оборудования		Кл	
Б		Код наименования оборудования		СН		Проф		Р		ЧТ		СР		КМН	
А 03		005		4214		Вертикально-сверлильная						ИОТ №113			
Б 04		2Д140БМ		1		18355		2		121/р		1		1	
С 05		Зенкеровать сквозное отверстие, выдерживая $\phi 4,6^{+0,02}$												0,65	
Т 06		патрон пневматический 3-х кулачковый специальный; 2320-7558												зенкер Т5К6 ГОСТ 3231-71; 8033-0915 НК; оправка ГОСТ 14810-69	
А 08		010		4117		Токарно-копировальная		КТМ 6014.100020;		КТМ 2014.100016;		ИОТ №145			
Б 09		1Н713		1		19158		3		121/р		1		1	
А 11		015		4182		Вертикально-протяжная		КТМ 6014.100021;		КТМ 2014.100017;		ИОТ №61			
Б 12		7734		1		17485		2		121/р		1		1	
А 14		020		4117		Токарно-копировальная		КТМ 6014.100022;		КТМ 2014.100018;		ИОТ №145			
Б 15		1Н713													
МАРШРУТНАЯ КАРТА															

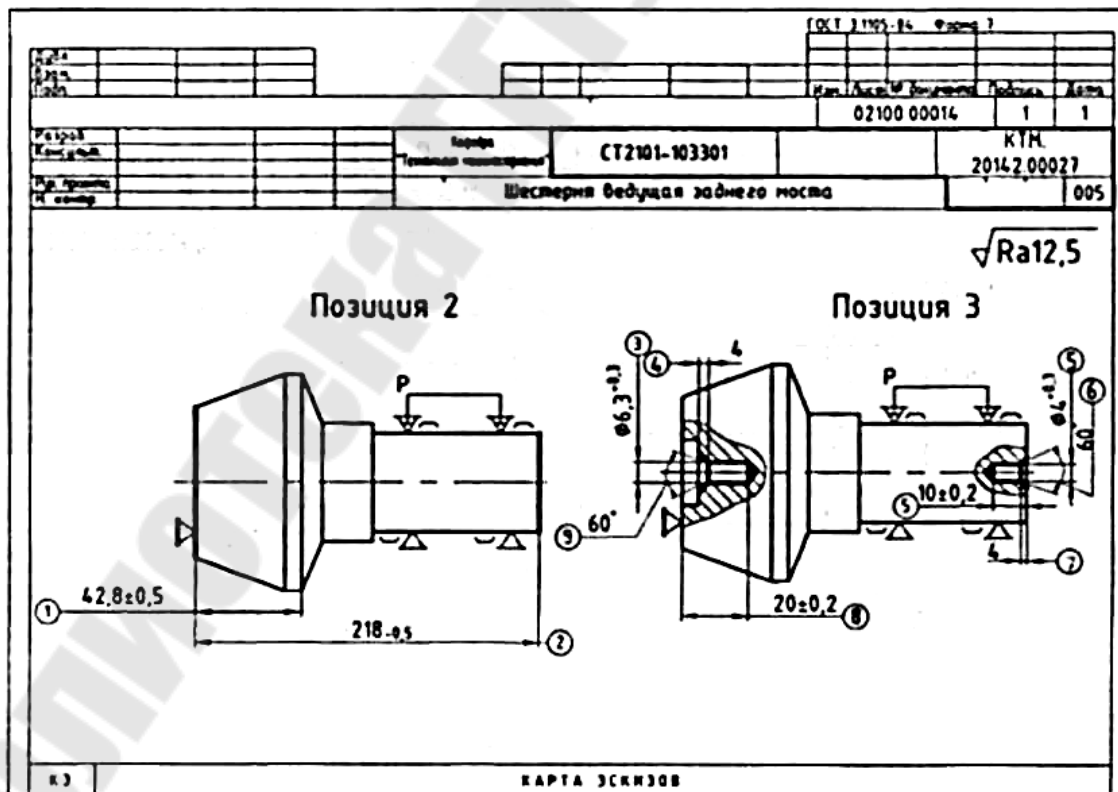
### П4.4. Пример оформления маршрутно-операционной карты

Дула		Лин		Год		Изм		Лист		№ документа		Подпись		Дата			
												02100.00051		10		1	
Разработчик		Исполнитель		Коды		Техническая характеристика		77-39-107-1А		КТМ		10100.00013					
Шестерня ведущая												А					
М 01		Семь 28ХН3А ГОСТ 4543-11															
М 02		кг		6,4		1		18,0		0,36		Штамповка		Профиль и размеры			
А		Цел		Уч		РН		Спер		Код наименования операции		Обозначение оборудования		Кл			
Б		Код наименования оборудования		СН		Проф		Р		ЧТ		СР		КМН			
А 03		005		4269		Фрезерно-центровая						ИОТ №148					
Б 04		2Г942		1		19479		4		121/р		1		1			
С 05		1. Фрезеровать торцы с двух сторон, выдерживая $343^{\circ}0,4$ и $143^{\circ}0,5$															
Т 06		шпильки с призматическими зубками специальные; 6222-0097 (2) оправка ГОСТ 26541-85; 2214-0386 фреза															
С 07		правая Т15К6 ГОСТ 26595-85; 2214-0387 фреза левая Т15К6 ГОСТ 26595-85; шаблон $343^{\circ}0,4$ специальный;															
С 08		шаблон $143^{\circ}0,5$ специальный															
С 09		2. Центровать торцы с двух сторон, выдерживая $\phi 6,3^{+0,01}$ ; $\phi 12,5^{+0,02}$ ; 17 тип; 1,5															
Т 10		(2) втулка переходная специальная; (2) втулка разжимная специальная; 2317-0009 (2) сверло Р6М5 ГОСТ 14952-75															
А 12		010		4117		Токарно-копировальная						ИОТ №145					
Б 13		ЕМ400		1		19158		4		121/р		1		1			
С 14		Точить поверхности, выдерживая $\phi 70^{+0,01}$ ; $\phi 107^{+0,01}$ ; $60,5^{\circ}0,95$ ; $8^{\circ}0,75$															
Т 15		патрон специальный; центр передний специальный; центр задний специальный; 2101-0641 резец Т15К6															
С 16		ГОСТ 20872-80; скоба $\phi 70^{+0,01}$ специальная; шаблон $60,5^{\circ}0,95$ специальный															
МАРШРУТНАЯ КАРТА																	

П4.5. Пример оформления операционной карты

Степень Сложности Работы		Коды		Шифр Технической классификации		КТМ	
				СТ2101-103301		60142.00003	
Шестерня ведущая заднего моста							
005							
Наименование операции		Материал	Твердость	TS	МН	Профиль и размер	НЗ
Фрезерно-центровальная		Сталь 20ХН2М	HВ 156-179	K2	2.4	Штамповка $\phi 60 \times 225$	3.57
Обработка, установка ЧМ		Обезжиривание проточки	T <sub>р</sub>	T <sub>с</sub>	T <sub>г</sub>	T <sub>ш</sub>	(01)
2982			0,18	0,479	-	0,71	-
Р	Т	В	С	П	М	Д	У
0 01	Позиция 1. Загрузочная						
Г 02	Приспособление специальное						
0 03	Позиция 2. Фрезеровать торцы, выдерживая размеры 1 и 2						0,18 0,479
Г 04	6222-0036 (2) оправка ГОСТ 13785-68; 2214-0271 фреза Т15К6 ГОСТ 22087-76; 2214-0272 фреза Т15К6						
05	ГОСТ 22087-76; скоба 218 <sub>±0,5</sub> специальная; шаблон 42,8 <sub>±0,5</sub> специальный						
Р 06			100	80	2	1	0,043/439 1254 354
0 07	Позиция 3. Центровать торцы, выдерживая размеры 3-9						
Г 08	(2)штука специальная; 2317-0009(2) сверло Р6М5 ГОСТ 14952-75; 8133-0630 Н12 пробка ГОСТ 14810-69;						
09	8133-0620 Н12 пробка ГОСТ 14810-69; шаблон 20 <sub>±0,2</sub> специальный						
Р 10			6,3	26	3,15	1	0,29 1125 15,9
11							
12							
13							
OK	ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ						

П4.6. Пример оформления карты эскизов



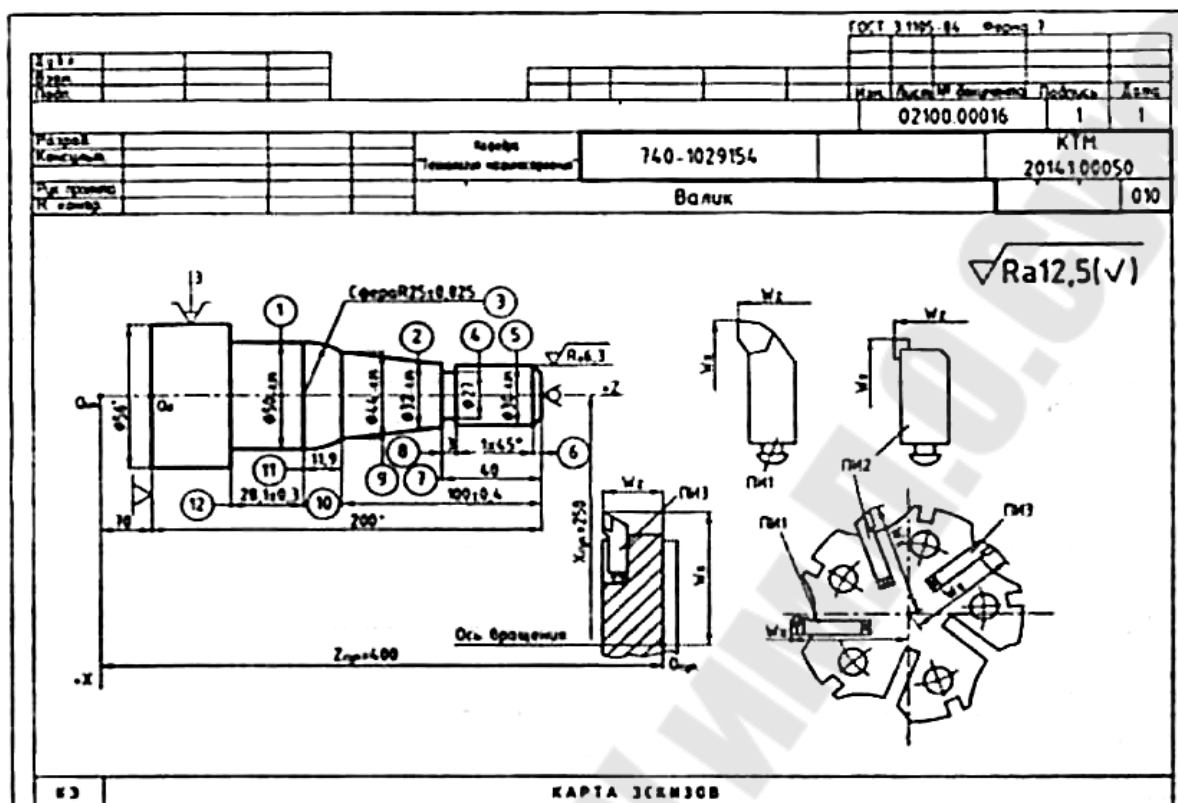
П4.7. Пример оформления операционной карты технического контроля

К.ДА		Л.ДА		М.ДА		ГОСТ 11942-93 Форма 2		
Изм.	Лист	№	Всего	Рядовые	Дела	02100.00014	1 1	
Разряд	Конт. №	Коды	24-2703019	КТМ	60102.00020			
Им. детали	М. детали	Вал				070		
Наименование операции				Наименование марки материала				
Контроль				Сталь 40Х				
Наименование оборудования				Уд	ТЭ	Обозначение ПОТ		
Стал контрольный						№219п		
Р	Контролируемые параметры	Код средств ТО	Наименование средств ТО	Объем и ПК	Тв/Тв			
01	1 Полнота механической		Внешний осмотр	100%				
02	обработки, отсутствие							
03	трещин, заусенцев,							
04	забоин, острых кромок							
05	2 Шероховатость обрабо-		Образцы шерош. поверхн. ГОСТ 2789-73	20%				
06	ванных поверхностей							
07	3. 118±0,5		Шаблон специальный	20%				
08	4. 10 <sub>л</sub>	8133-0116 h10	Скоба ГОСТ 16775-93	20%				
09	5. 172±0,5	8133-0910 h11	Скоба ГОСТ 16775-93	10%				
10	6. Ø90 <sup>h7</sup>	8133-0612 h12	Скоба ГОСТ 16775-93	5%				
11	7. Ø11 <sup>h7</sup>	8133-0630 H10	Пробка ГОСТ 14810-69	20%				
12	8. Ø50 <sub>h8</sub>	8133-0252 h6	Скоба ГОСТ 16775-93	100%				
13	9. Ø40 <sub>h9</sub>	8133-0232 h6	Скоба ГОСТ 16775-93	100%				
ОК ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ								

П4.8. Пример оформления карты эскизов к операции технического контроля

К.ДА		Л.ДА		М.ДА		ГОСТ 11942-93 Форма 2		
Изм.	Лист	№	Всего	Рядовые	Дела	02100.00014	1 1	
Разряд	Конт. №	Коды	24-2703019	КТМ	20102.00039			
Им. детали	М. детали	Вал				030		
√Ra12,5 (√)								
КЭ КАРТА ЭСКИЗОВ								

П4.9. Пример оформления карты эскизов для станка с ЧПУ



ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В 1.1- Код степени механизации труда по ОКРБ 006-96

Код	Условия выполнения работы
1	Рабочие, выполняющие работу на автоматах и автоматизированных агрегатах
2	Рабочие, выполняющие работу с помощью машин и механизмов
3	Рабочие, выполняющие работу вручную при машинах и механизмах
4	Рабочие, выполняющие работу вручную не при машинах и механизмах
5	Рабочие, выполняющие работу вручную по наладке и ремонту машин и механизмов

Таблица В1.2- Коды профессий рабочих по ОКРБ 006-96

Кол	Наименование профессии рабочего
1	2
1161S	Газорезчик
11620	Газосварщик
11620	Гальваник
11851	Доводчик деталей



## Продолжение таблицы В 1.2

1	2
11853	Доводчик-иритирщик
11883	Долбежник
12242	Заточник
12273	Зуборезчик
12277	Зубошлифовщик
12673	Калильщик
12837	Комплектовщик
12916	Консервировщик оборудования и металлоизделий
12970	Контролер качества обработки деталей
12974	Контролер качества продукции и технологического процесса
13045	Контролер работ по металлопокрытиям
13057	Контролер сварочных работ
13063	Контролер станочных и слесарных работ
13080	Контролер технологического процесса
13460	Маркировщик
13462	Маркировщик деталей и приборов
15474	Оператор автоматических и полуавтоматических линий станков и установок
15511	Оператор вакуумно-напылительных процессов
15659	Оператор лазерных установок
15707	Оператор микросварки
15709	Оператор моечной установки
15711	Оператор моечно-очистительного агрегата
16045	Оператор станков с ЧПУ
16106	Оператор ультразвуковых установок
16127	Оператор установки ТВЧ
16799	Полировщик
17485	Протяжчик
17636	Разметчик деталей и материалов
17914	Резчик металла на ножницах и прессах
17928	Резчик на пилах, ножовках и станках
17983	Резьбонарезчик на специальных станках
17985	Резьбофрезеровщик
17986	Резьбошлифовщик
18355	Сверловщик
IS452	Слесарь-инструментальщик
18466	Слесарь механосборочных работ
18805	Станочник специальных металлообрабатывающих станков
19100	Термист
19104	Термист на установках ТВЧ
19149	Токарь
19151	Токарь-затыловщик
19153	Токарь-карусельщик
19158	Токарь-полуавтоматчик

## Окончание таблицы В 1.2

1	2
19163	Токарь-расточник
19165	Токарь-револьверщик
19217	Транспортировщик
19293	Укладчик-упаковщик
19479	Фрезеровщик
19547	Чеканщик
19630	Шлифовщик
19639	Шлифовщик изделий
19641	Шлифовщик изделий, полуфабрикатов и материалов
19765	Электрозаточник
19939	Электрохимобработчик
19940	Электроэрозионист

Таблица В 1.3- Коды форм и систем оплаты труда по ОКРБ 006-96

Код	Наименование формы и системы оплаты труда
10	Сдельная форма оплаты труда
11	Система оплаты труда прямая
12	Система оплаты труда премиальная
13	Система оплаты труда прогрессивная
20	Повременная форма оплаты труда
21	Система оплаты труда простая
22	Система оплаты труда премиальная

Таблица В 1.4 - Коды условий труда по ОКРБ 006-96

Код	Наименование условий труда
1	Нормальные
2	Тяжелые и вредные
3	Особо тяжелые и вредные

Таблица В1.5 - Коды вила норм времени

КОД	Наименование условий труда
р	Расчетная
Х	Хронометражная
ОС	Опытно-статистическая

Таблица В1.6 - Технологические операции и их коды

Код	Операция	Код	Операция
0101	Разметка	4122	Резьботокарная
0108	Слесарная	4130	Шлифовальная
0109	Зачистка	4131	Крутишлифовальная
0125	Промывка	4132	Внутришлифовальная
0130	Очистка	4133	Плоскошлифовальная
0131	Очистка пескоструйная	4134	Бесцентрово-шлифовальная
0132	Очистка гидроструйная	4135	Резьбошлифовальная
0134	Очистка дробеметная	4137	Облицовочно-шлифовальная
0135	Очистка ультразвуковая	4138	Ленточно-шлифовальная
0136	Очистка дробеструйная	4139	Шлифовально-затыловочная
0137	Очистка газопламенная	4141	Шлифовальная
0144	Очистка ионная, плазменная	4142	Заточная
0180	Маркирование	4143	Центрошлифовальная
0181	Маркирование ударом	4145	Шлифовальная
0183	Маркирование травлением	4146	Специальная шлифовальная
0200	Контроль	4150	Зубообработка валяющая
0400	Перемещение	4151	Зубошлифовальная
0401	Транспортирование	4152	Зубодолбежная
0418	Комплектование	4153	Зубофрезерная
0421	Сортирование	4154	Зубострогальная
0424	Укладывание	4155	Зубопротяжная
0600	Испытания	4156	Зубообработка закругляющая
0620	Испытания механические	4157	Зубошвинговальная
0801	Консервация	4158	Зубопритирочная
0830	Упаковывание	4159	Зубообработка валяющая
4100	Обработка резанием	4161	Зубообработка валяющая
4101	Агрегатная	4162	Специальная зубообработка валяющая
4102	Автоматно-линейная	4163	Зубохопинговальная
4105	Резьбонарезная	4164	Зуботокарная
4107	Гайконарезная	4165	Шлицефрезерная
4108	Болтонарезная	4166	Шлицестрогальная
4110	Токарная	4167	Комбинированная
4111	Токарно-револьверная	4170	Строгальная
4112	Автоматная токарная	4171	Продольно-строгальная
4113	Токарно-карусельная	4172	Поперечно-строгальная
4114	Токарно-винторезная	4175	Долбежная
4115	Лоботокарная	4180	Протяжная
4116	Токарно-затыловочная	4181	Горизонтально-протяжная
4117	Токарно-копировальная	4182	Вертикально-протяжная
4118	Специальная токарная	4190	Отделочная
4192	Хонинговальная	7100	Получение покрытия
4193	Суперфинишная	7110	Металлизация
4194	Доводочная	7111	Металлизация газотермическая пла-
4195	Притирочная		менная

Продолжение таблицы В 1.6

Код	Операция	Код	Операция
4211	Полировальная	7112	Металлизация газотермическая электродуговая
4210	Сверлильная		
4212	Радиально-сверлильная	7113	Металлизация газотермическая плазменная
4213	Горизонтально-сверлильная		
4214	Вертикально-сверлильная	7115	Металлизация газотермическая высокочастотная
4216	Координатно-сверлильная		
4220	Расточная	7131	Металлизация вакуумная ионная
4223	Координатно-расточная	7132	Оплавление покрытия
4224	Алмазно-расточная	7180	Получение покрытия сплавами
4230	Программная	7360	Окрашивание
4231	Расточная с ЧПУ	7500	Электрофизическая, электрохимическая и радиационная обработка
4232	Сверлильная с ЧПУ		
4233	Токарная с ЧПУ	7509	Профильно-вырезная электроискровая проволочным электродом
4234	Фрезерная с ЧПУ		
4236	Шлифовальная с ЧПУ	7512	Профильно-вырезная лазерная
4237	Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ	7519	Отрезная электроискровая проволочным электродом
4260	Фрезерная	7523	Отрезная лазерная
4261	Вертикально-фрезерная	7526	Отрезная анодно-механическая дисковым электродом
4262	Горизонтально-фрезерная		
4263	Продольно-фрезерная	7535	Расточная электроэрозионная
4264	Карусельно-фрезерная	7536	Расточная электрохимическая ультразвуковая
4265	Барабанно-фрезерная		
4267	Копировально-фрезерная	7541	Плоскошлифовальная электроэрозионная
4269	Фрезерно-центровальная	7543	Плоскошлифовальная анодно-механическая алмазная
4271	Шпоночно-фрезерная		
4273	Универсально-фрезерная	7548	Круглошлифовальная электроэрозионная
4274	Резьбофрезерная	7561	Отделочно-зачистная электрохимическая
4280	Отрезная		

## Окончание таблицы В 1.6

Код	Операция	Кол	Операция
4281	Ножовочно-отрезная	7562	Отделочно-зачистная электромеханическая ультразвуковая
4282	Ленточно-отрезная		
4283	Алмазно-отрезная	7573	Упрочняюще-легирующая лазерная
4284	Токарно-отрезная	7576	Резьбонарезная электроэрозионная
4285	Пилоотрезная	7577	Резьбонарезная электрохимическая ультразвуковая
4286	Фрезерно-отрезная		
42S7	Абразивно-отрезная	8000	Пайка
5000	Термическая обработка	8010	Пайка готовым припоем
5010	Отжиг	8130	Комбинированная пайка
5030	Закалка	8800	Сборка
5050	Отпуск	8803	Балансировка
6500	Порошковая металлургия	8823	Запрессовывание
8841	Клепка	9115	Наплавка дуговая в инертных газах плавящимся электродом
8846	Склеивание		
8858	Монтаж	9125	Наплавка вибродуговая
8859	Демонтаж	9126	Наплавка индукционная
8861	Разборка	9128	Наплавка плазменная
8864	Слесарно-сборочная	9132	Наплавка газопламенная
8866	Приклеивание	9170	Термическая резка
9000	Сварка	4171	Термическая резка лазерная
9110	Наплавка	9172	Термическая резка кислородная
9111	Наплавка луговая покрытым электродом	9174	Термическая резка дуговая
		9176	Термическая резка плазменно-дуговая
9114	Наплавка дуговая порошковой проволокой	9177	Термическая резка кислородно-лазерная

Таблица В 1.7. Число контрольных измерений на операции

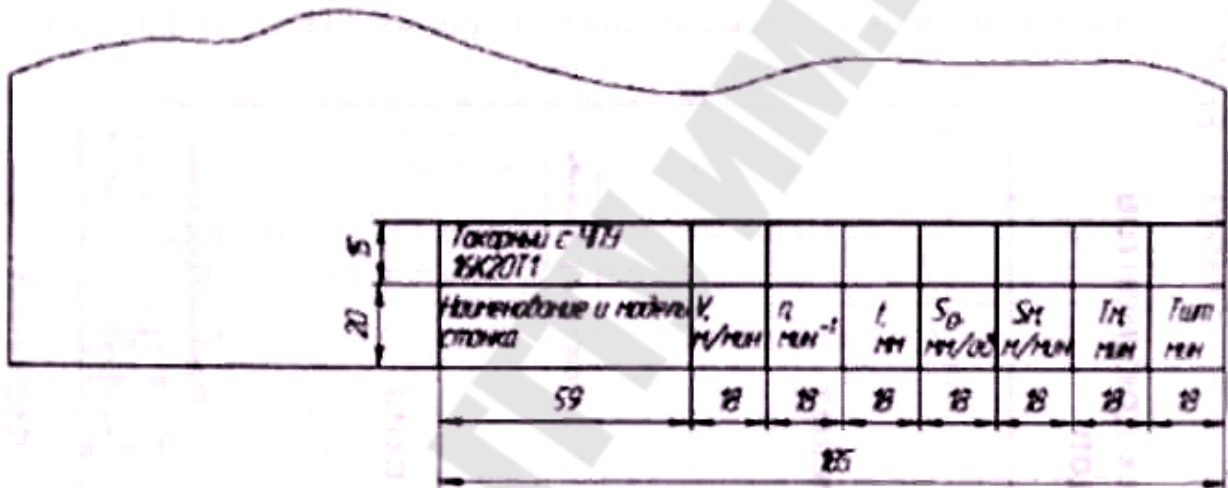
Наименование операции	Точность измерения	Контролируемый размер	Число контрольных измерений ( % от общего числа деталей) при способе достижения размеров обработки, обеспечивающимся		
			конструктивными размерами инструмента	работой инструмента, установленного на размер	работой с пробным промером
Точение, растачивание, круглое шлифование (наружное и внутреннее)	11...12	50 200 Свыше 200	20 25 30	25 30 40	60 70 80
	6...8	50 200 Свыше 200	30 40 50	40 50 60	100 100 100
Бесцентровое шлифование	11... 12	100		1	
	6...8 кв.			2	
Хонингование и суперфиниширование				100	
Плоское шлифование	0.01 мм	200			100
	0.05 мм	50 200 Свыше 200			80 50 100
		0,1 мм	50 200 Свыше 200		
	0,2 мм	50 200 Свыше 200			40 60 80
Плоское фрезерование	До 0,1 мм	50 200 Свыше 200		10 20 30	
		Сверление	10 25 50 Свыше 50	1 2 3 4	
			Накатывание резьбы	10 25 50	

Окончание таблицы В 1.7

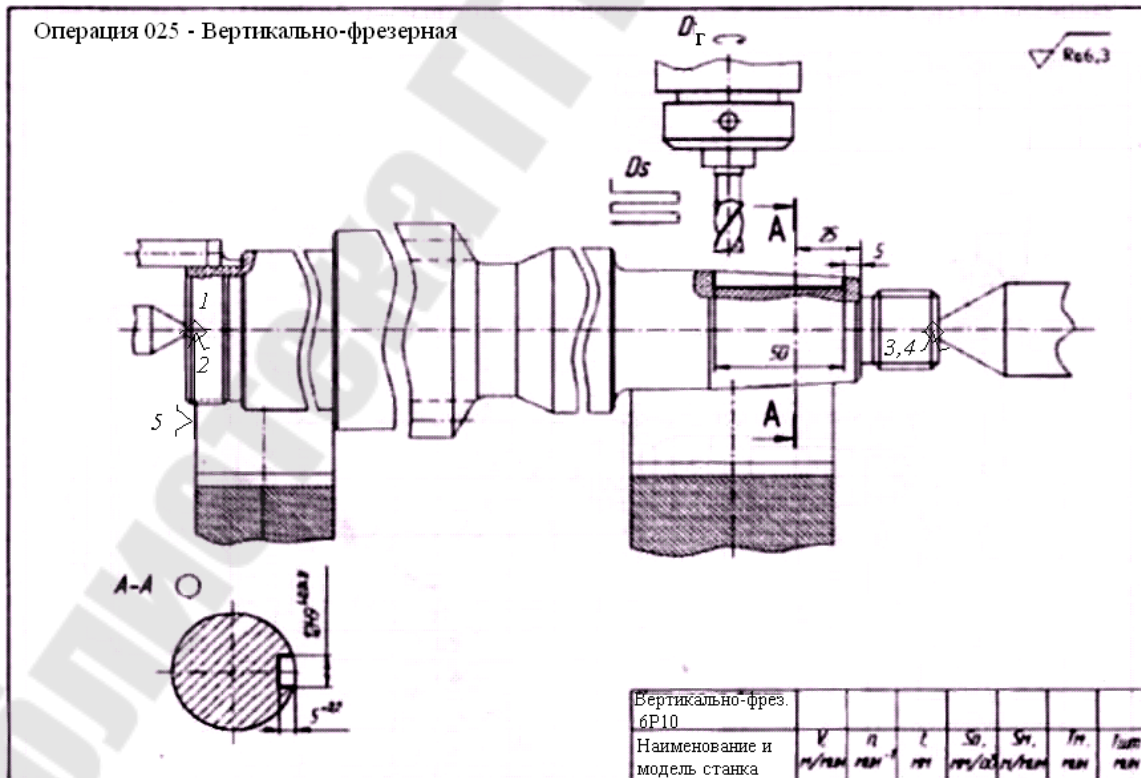
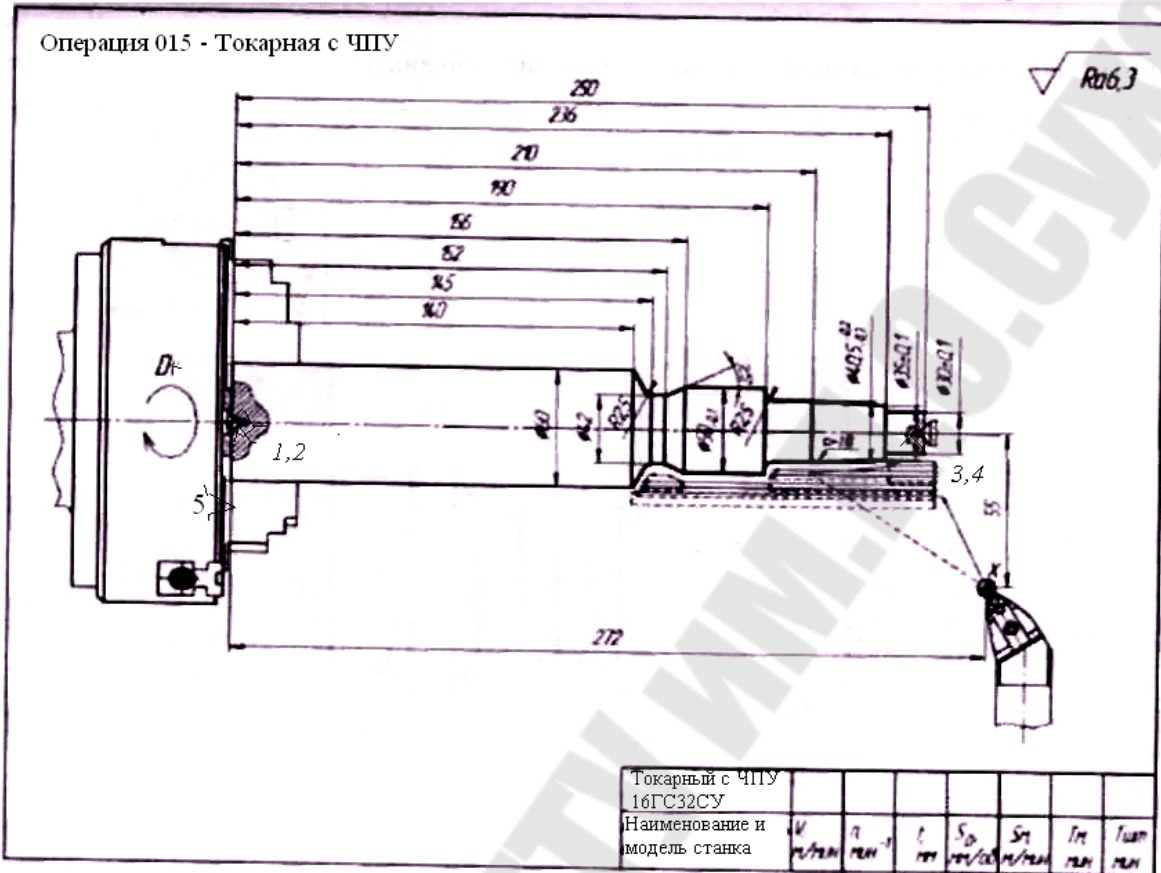
Нарезание резьбы плашками. метчиками и голов- ками	10-й	10	10		
	квали- тет	25	20		
		50	30		
		Свыше 50	40		
Фрезерование резьбы		100		20	
Шлифование резьбы		50		100	

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Пример оформления нижнего штампа

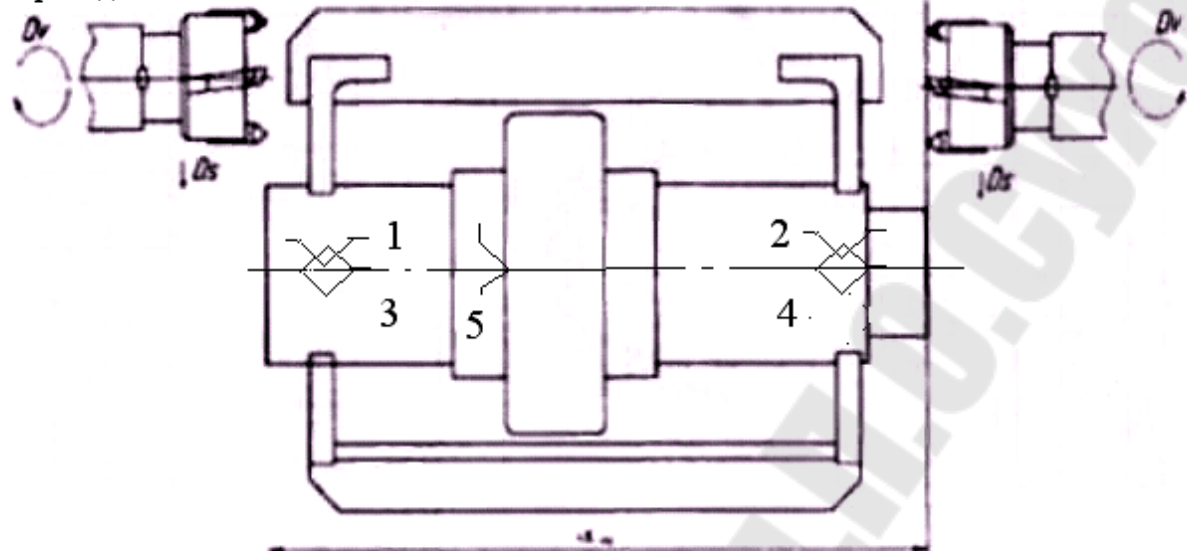


ПРИЛОЖЕНИЕ Д  
Пример оформления графической части



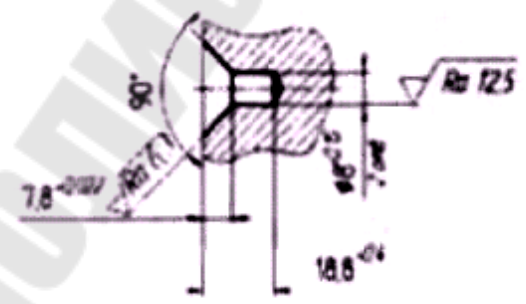
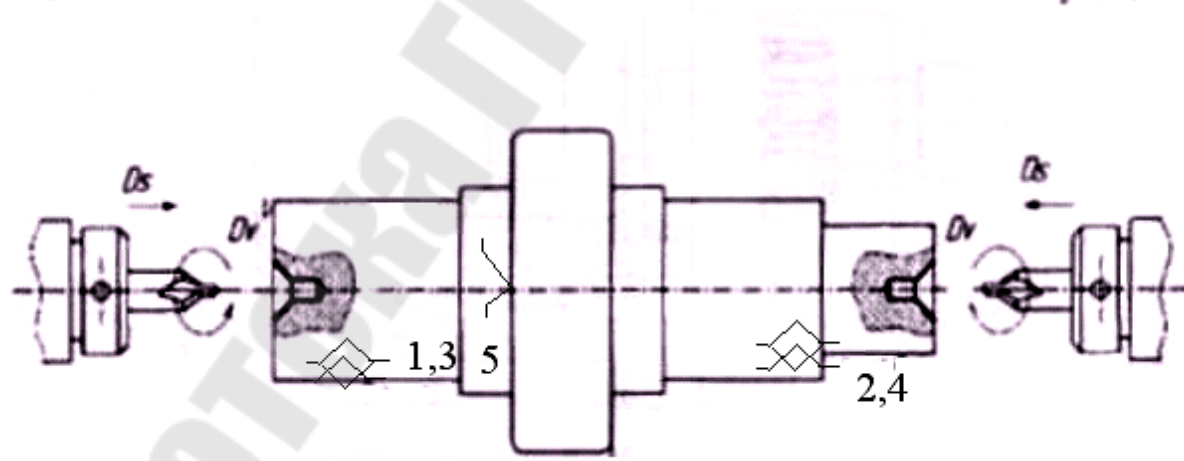


Операция 005 - Фрезерно-центровая  
Переход 1



Фрезерно-центровая маш. №1-724							
Назначение и режим станка	м/сек	а мм	г мм	Sp мм/об	Sr мм/сек	Sn мм	lmax мм

Операция 005 - Фрезерно-центровая  
Переход 2



Фрезерно-центровая маш. №1-724							
Назначение и режим станка	м/сек	а мм	г мм	Sp мм/об	Sr мм/сек	Sn мм	lmax мм

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Пример оформления титульного листа пояснительной записки  
курсового проекта

**УО «ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ П. О. СУХОГО»**

**МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовому проекту по дисциплине «Технология станкостроения»

Разработал: студент Сидоров В.В. (гр.)

Руководитель проекта: доцент Иванов И.И.

Гомель 2018

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования

«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени П.О. Сухого»

Факультет Машиностроительный  
Кафедра Металлорежущие станки и инструменты

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**З А Д А Н И Е**  
**по курсовому проектированию**

Студенту Иванову И.И., гр. МР-41

1. Тема проекта Спроектировать технологический процесс механической обработки детали «Шестерня полумуфта 2Н125Л.21.202А» и технологическую оснастку (механизированный токарный патрон)
2. Сроки сдачи студентом законченного проекта \_\_\_\_\_
3. Исходные данные к проекту \_\_\_\_\_  
Чертеж детали  
Базовая технологическая оснастка  
Тип производства детали или годовая программа выпуска: \_\_\_\_\_
4. Содержание расчётно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)
  - 4.1. Введение \_\_\_\_\_
  - 4.2. Содержание. \_\_\_\_\_
  - 4.3. Анализ конструкции детали. \_\_\_\_\_
  - 4.4. Определение уровня технологичности детали. \_\_\_\_\_
  - 4.5. Выбор маршрута обработки \_\_\_\_\_
  - 4.6. Определение метода получения заготовки. \_\_\_\_\_
  - 4.7. Расчет припусков. \_\_\_\_\_
  - 4.8. Расчет режимов резания. \_\_\_\_\_

- 4.9. Расчет норм времени.
- 4.10. Выбор оборудования и режущего инструмента.
- 4.11. Расчет количества оборудования.
- 4.12. Составление технологического процесса обработки детали.
- 4.13. Проектирование технологической оснастки.
- 4.14. Проектирование контрольного приспособления.
- 4.15. Стандартизация и контроль качества.
- 4.16. Охрана труда и техника безопасности.
- 4.17. Заключение.
- 4.18. Литература.
- 4.19. Приложение.
- 5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей и графиков)
- 5.1. Операционные эскизы механической обработки детали.
- 5.2. Сборочный чертёж контрольного приспособления.
- 5.3. Сборочный чертёж механизированной технологической оснастки.

6. Консультанты по проекту (с указанием разделов проекта)

7. Дата выдачи задания

8. Календарный график работы над проектом на весь период проектирования

по плану кафедры

Руководитель проекта \_\_\_\_\_  
(подпись)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_  
(подпись студента и дата)

## ЛИТЕРАТУРА

1. Маталин, А.А. Технология машиностроения/А.А. Маталин. – Л.: Машиностроение, 1985.- 512 с.
2. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова/ 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986.- 656 с.
3. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х тт. Т.2/ под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. 4-е изд. перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 1986.- 496с.
4. Соколовский А.П. Научные основы технологии машиностроения. – М., Машгиз, 1955.- 517 с.
5. Технологические расчёты при проектировании процессов механической обработки заготовок / В.Л. Акимов [и др.]; под ред. В.Л. Акимова// Учеб. пособие /СПбГТУ. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1980.- 80 с.
6. Технология машиностроения: Метод. указания к практическим занятиям /Сост. Э.Л. Жуков, В.П. Пересыпкинский. СПб. гос. техн. ун-т; СПб., 1995.-71 с.
7. Технологические процессы в машиностроении: Учеб. пособие /Н.П. Солнышкин, А.Б. Чижевский, С.И. Дмитриев; под общ. ред. Н.П. Солнышкина. – СПб.: изд-во СПбГТУ, 1988.-277 с.
8. Соколовский, А.П. Основы технологии машиностроения/А.П. Соколовский. – Л.: Машгиз, 1938. - Т.1. - 680 с.
9. Технология машиностроения /А.А. Гусев, Е.Р. Ковальчук, И.М. Колесов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1986. - 479 с.
10. Митрофанов, С.П. Групповая технология машиностроительного производства/ С.П. Митрофанов.– Л.: Машиностроение, 1983 - Т.1. - 404 с.; Т.2. - 376 с.
11. Базров, Б.М. Модульная технология изготовления деталей/ Б.М. Базров/ М.: ВНИИТЭМР. Сер. Технология металлообрабатывающего производства.- Вып.5.- 1986. - 51 с.
12. Технологичность конструкций изделий: Справочник/Под ред. Ю.Д. Адамирова. – М.: Изд-во стандартов, 1987.- 256 с.
13. Балабанов, А.И. Технологичность конструкций машин/ А.И. Балабанов.– М.: Машиностроение, 1987.- 336 с.
14. Руководство к дипломному проектированию по технологии машиностроения, металлорежущим станкам и инструментам/ Л.В. Худобин [и др.]; под ред. Л.В. Худобина – М.: Машиностроение, 1986.-288 с.
15. Технологический классификатор деталей в машиностроении и приборостроении. – М.: Изд-во стандартов, 1987.-256 с.
16. Васильев, В.Н. Организация, управление и экономика гибкого интегрированного производства в машиностроении/ В.Н. Васильев – М.: Машиностроение, 1986.- 312 с.

17. Комиссаров, В.И. Точность, производительность и надёжность в системе проектирования технологических процессов/ В.И. Комиссаров, В.Н. Леонтьев. – М.: Машиностроение, 1985.- 220 с.
18. Технология машиностроения. Курсовое проектирование: Учеб. пособие /М.М. Кане [и др.]; под ред. М.М. Кане, В.К. Шелега.– Минск: Выш. шк., 2013. - 311 с.
19. Чарнко, Д.В. Основы выбора технологического процесса механической обработки / Д.В. Чарнко – М.: Машгиз, 1963.- 320 с.
20. Основы технологии машиностроения /под ред. В.С. Корсакова – М.: Машиностроение, 1977.-416 с.
21. Справочник инструментальщика / И.А. Ординарцев, Г.В. Филиппов, А.Н. Шевченко [и др.]; под общ. ред. И.А. Ординарцева – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1987.-846 с.
22. Проектирование технологических процессов для универсальных станков и ГПС. Учеб. пособие /Э.Л. Жуков [и др.] – Л.:изд. ЛГТУ, 1990.- 80 с.
23. Проектирование технологических процессов в машиностроении / И.П. Филонов [и др.]; под общ. ред. И.П. Филонова. – Мн.: УП Технопринт, 2003. - 910 с.
24. Данилов, В.А. Технология производства и ремонта горных Машин и оборудования: В 2т. Т1./ В.А. Данилов, В.Я. Прушак, Е.М. Найденышев. – Мн.: Тэхналогія, 2007. - 486 с.
25. Балакшин, Б.С. Теория и практика технологи машиностроения. В 2-х кн./ Б.С. Балакшин – М.: Машиностроение, 1982.
26. Основы проектирования технологических процессов и приспособлений. Методы обработки поверхностей/ под. ред. В.П. Фираго. – М., «Машиностроение», 1973.-468 с.
27. Егоров, Н.Е. Технология машиностроения/ Н.Е. Егоров [и др.]; под. общ. ред. Н.Е. Егорова – М.: Высшая школа, 1965: Учебник для студентов машиностроительных вузов и факультетов. - 590 с.
28. Проектирование технологи автоматизированного машиностроения: Учебник для машиностроит. спец. вузов / И.М. Баранчукова [и др.]; под ред. Ю.М. Соломенцева. – 2-е изд., испр.– М.: Высш. шк., 1999.- 416 с.
29. Колесов, И.М. Основы технологии машиностроения: Учебник для машиностроит. спец. вузов – 2-е изд., испр./И.М. Колесов – М.: Высш.шк., 1999.-591 с.
30. Новиков, В.Ю. Технология станкостроения. Учеб. пособие./ В.Ю. Новиков, А.Е. Схиртладзе – М.: Машиностроение, 1990. - 256с.
31. Михайлов, М.И. Сборный металлорежущий механизированный инструмент: Ресурсосберегающие модели и конструкции/М.И. Михайлов; под ред. Ю.М. Плескачевского. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2008г. – 339с.

# **ТЕХНОЛОГИЯ СТАНКОСТРОЕНИЯ**

**Учебно-методическое пособие  
к курсовому проектированию для студентов  
специальности 1-36 01 03 «Технологическое  
оборудование машиностроительного производства»  
дневной формы обучения**

**Составители: Михайлов Михаил Иванович  
Шабакеева Зинаида Якубовна  
Никитенко Дмитрий Владимирович**

Подписано к размещению в электронную библиотеку  
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного  
учебно-методического документа 15.04.19.

Рег. № 78Е.  
<http://www.gstu.by>