



Министерство образования Республики Беларусь

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

Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»

М. И. Михайлов, З. Я. Шабакеева

ТЕХНОЛОГИЯ СТАНКОСТРОЕНИЯ

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
по курсовому проектированию
по одноименной дисциплине для студентов
специальности 1-36 01 03 «Технологическое
оборудование машиностроительного производства»
дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2014

УДК 621.9.06(075.8)
ББК 34.63-5я73
М69

*Рекомендовано научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 2 от 14.10.2013 г.)*

Рецензент: зав. каф. «Технология машиностроения» ГГТУ им. П. О. Сухого
канд. техн. наук, доц. *М. П. Кульгейко*

Михайлов, М. И.
М69 Технология станкостроения : учеб-метод. пособие по курсовому проектированию по одноим. дисциплине для студентов специальности 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» днев. и заоч. форм обучения / М. И. Михайлов, З. Я. Шабакеева. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2014. – 55 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц; 32 Mb RAM; свободное место на HDD 16 Mb; Windows 98 и выше; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://library.gstu.by/StartЕК/>. – Загл. с титул. экрана.

Представлен развернутый алгоритм выполнения курсового проекта по дисциплине «Технология станкостроения». Приведены схемы формообразования и срезания припуска. Дан пример составления технологического процесса обработки корпусной детали, раскрыта вариантность последовательностей обработки. В приложении приведены различные варианты достижения требуемой точности обработки типовых поверхностей.

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

УДК 621.9.06(075.8)
ББК 34.63-5я73

© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2014

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 выбранной заготовки. 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 потребное количество оборудования по операциям процесса и произвести анализ по технологическим возможностям, стойкости инструмента и коэффициентам загрузки оборудования (по основному времени и по энергоёмкости).

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 различных вариан-

тов технологической оснастки и специального оборудования. В условиях массового и серийного производства на основании программного задания устанавливаются 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, геометрия 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 обратить 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

$$K_{у.мч.} = \frac{K_{\delta.мч.}}{K_{мч.}}$$

где $K_{\delta.мч.}$, $K_{мч.}$ - соответственно и достигнутый коэффициенты точности обработки

Коэффициент точности обработки $K_{мч.}$ определяется по формуле:

$$K_{мч.} = 1 - \frac{1}{T_{ср}} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum T n_i},$$

где $T_{ср} = \frac{\sum n_i}{\sum T n_i} = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots}$ - средний квалитет точности обработки

изделия; n_1 - число размеров соответствующего квалитета точности; T - квалитет точности обработки.

2. Уровень технологичности конструкции по шероховатости поверхности

$$K_{у.ш.} = \frac{K_{\delta.ш.}}{K_{ш.}}$$

где $K_{\delta.ш.}$, $K_{ш.}$ - соответственно базовый и достигнутый коэффициенты шероховатости поверхности.

Коэффициент шероховатости поверхности $K_{ш.}$ определяется по форму-

ле:

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

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.

Значение достигнутых уровней технологичности конструкций по точности обработки и шероховатости следует определить после завершения технологического контроля чертежа детали и внесения в него, по согласованию с руководителем проекта, рациональных изменений. Если чертеж детали после завершения технологического контроля не подвергается пересмотру и изменению, уровень технологичности конструкции по этим показателям равен единице.

3. Коэффициент использования материала

$$K_{у.м.} = \frac{M}{M_m}$$

где M - масса готовой детали, кг; M_m - масса материала, израсходованного на изготовление детали, кг.

4. Уровень технологичности конструкции по использованию материала

$$K_{у.и.} = \frac{K_{б.и.м.}}{K_{и.м.}},$$

где $K_{б.и.м.}$, $K_{и.м.}$ - соответственно базовый и достигнутый коэффициенты использования материала.

Значение коэффициента использования материала и уровня технологичности конструкции по использованию материала рассчитываются после выбора метода получения заготовки и определения общих припусков на механическую обработку.

5. Уровень технологичности конструкции по трудоемкости изготовления:

$$K_{у.т.} = \frac{T_u}{T_{б.и.}}$$

где $T_{б.и.}$, T_u - соответственно базовая и достигнутая трудоемкость изготовления изделия.

6. Уровень технологичности конструкции по технологической себестоимости

$$K_{у.с.} = \frac{C_m}{C_{б.м.}}$$

где C_m , $C_{б.м.}$ - соответственно достигнутая и базовая технологическая себестоимость изделия.

Уровни технологичности конструкции по трудоемкости и технологи-

ческой себестоимости окончательно определяются после разработки операционного ТП и получения необходимых для расчета данных.

После выполнения анализа технологичности конструкции все предложения по изменению конструкции детали должны быть систематизированы и с соответствующим обоснованием приведены в расчетно-пояснительной записке. В конструкции детали и заготовки изменения вносятся после согласования с руководителем проекта.

2.2. Выбор типа производства

Тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операций: $1 < K_{зо} < 10$ - массовое и крупносерийное, $10 < K_{зо} < 20$ - среднесерийное, $20 < K_{зо} < 40$ - мелкосерийное производство. В единичном производстве $K_{зо}$ 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 отделения или участка цеха 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. На участке из 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 по отделению или участку цеха 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:

$$O_{p.m.} = \frac{\eta_n}{\eta_3},$$

где η_n - нормативный коэффициент загрузки рабочего места всеми закрепленными за ним операциями; η_3 - коэффициент загрузки рабочего места проектируемой операцией.

Учитывая формулу для определения коэффициента загрузки, получим

$$O_{p.m.} = \frac{60F_m K_e \eta_n}{T_{ш.-к} N_m},$$

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 данном 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 - по базовому варианту с учетом планируемого усовершенствования технологического маршрута. 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 изготовлении.

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

$$n = \frac{N_2 a}{F} \text{ шт.},$$

где N_2 - годовая программа выпуска, шт.; a - периодичность запуска, дн.

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

Приведенная выше формула позволяет приблизительно 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:

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

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

в) определяется принятое число деталей в партии:

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

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. Например, для технически чистого железа это составит около $450\text{ }^{\circ}\text{C}$, а для низкоуглеродистой стали - $680...700\text{ }^{\circ}\text{C}$.

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_1 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 вылежи-

вание 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 твердости, характерной для улучшенной или отожженной стали. Так, следует помнить, что низким отпуском можно дополнительно упрочнить закаленную сталь, реализовав механизм вторичной твердости. У высокоуглеродистых инструментальных сталей прибавка может составить 2...3 единицы HRC а у высоколегированных (типа P6M5, X12M 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 определен-

ного 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 принимаются 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 квалитет 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 среза припуска.

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

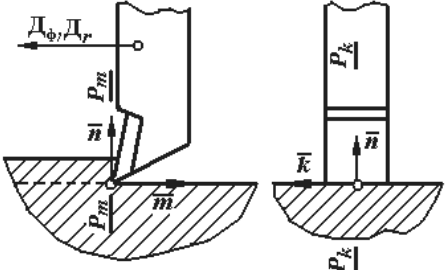
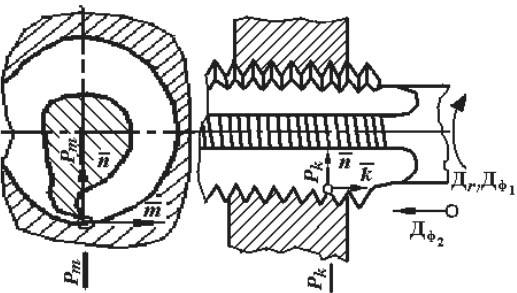
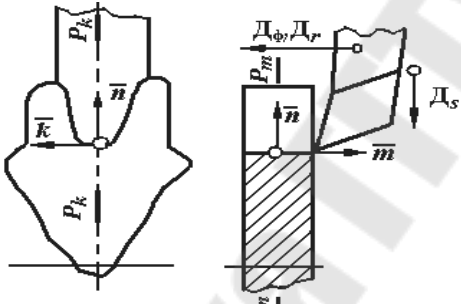
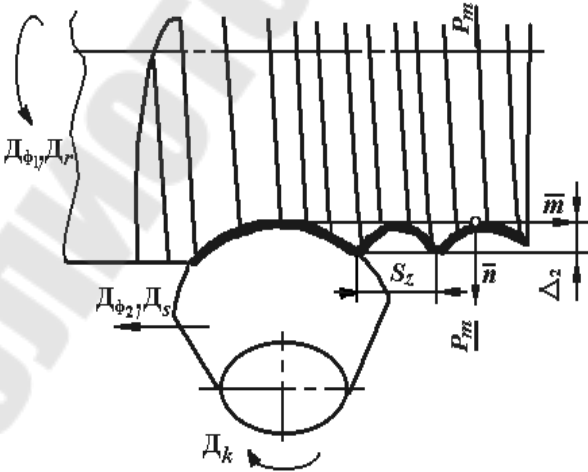


Рисунок 2.1 – Структура формообразования топографии поверхностей

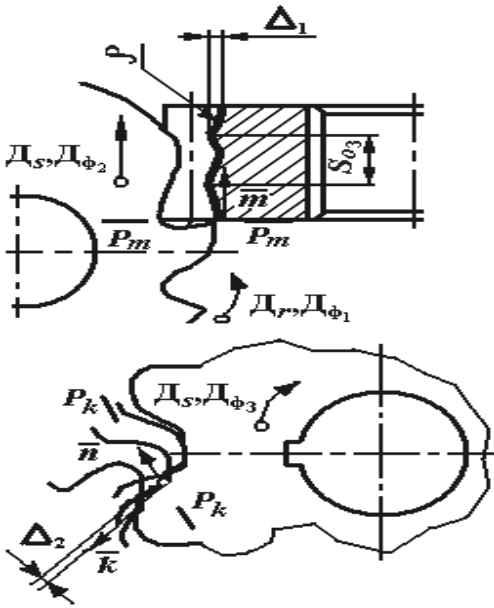
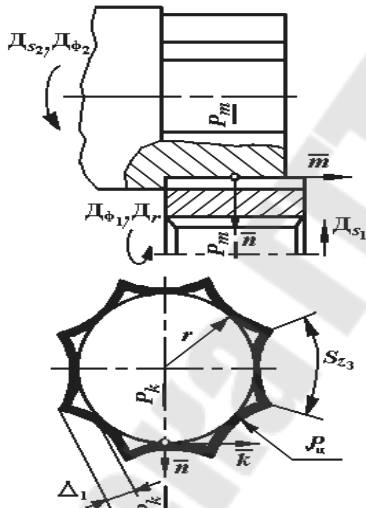
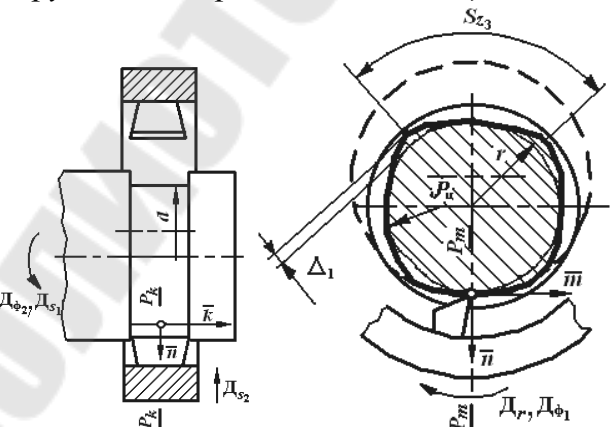
Схемы формообразования топографий типовых поверхностей приведены в таблице 2.1 [31].

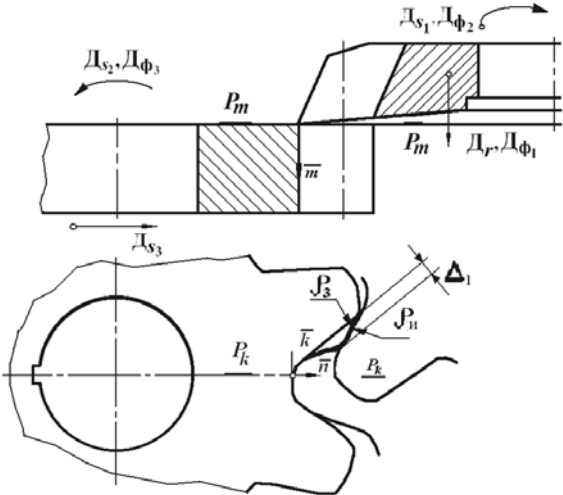
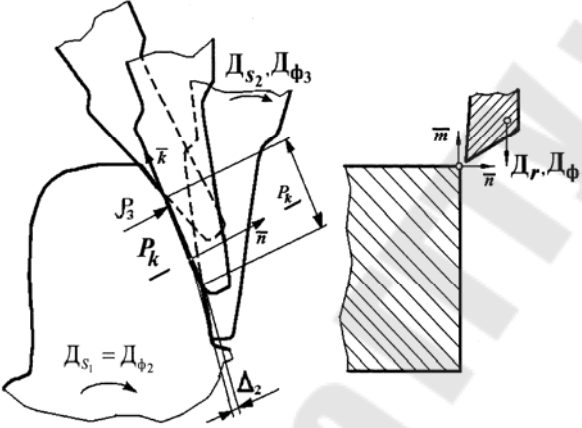
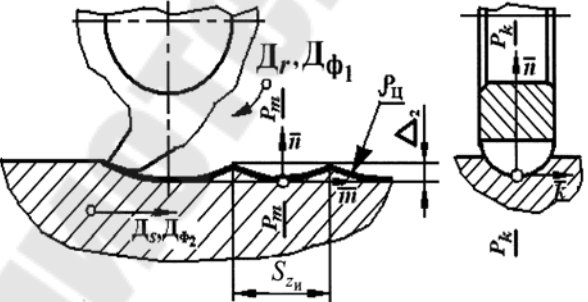
Таблица 2.1 – Примеры схем формообразования топографий типовых поверхностей деталей

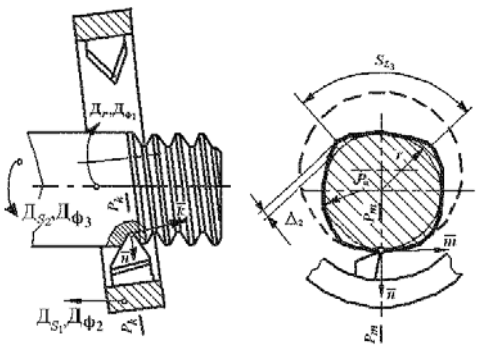
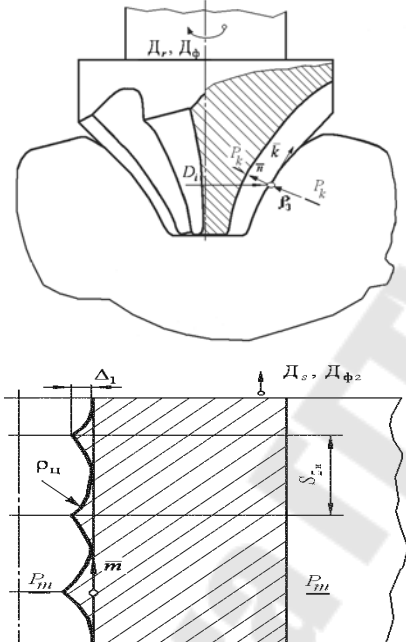
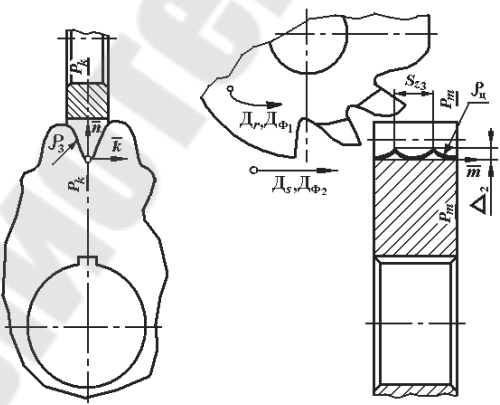
Эскиз схемы формообразования	Назначение, признаки, оценки
<p style="text-align: center;">Схемы следа</p> <p style="text-align: center;">– одинарная, постоянная, одноцикловая</p>	<p><i>Калибрование канавки фасонным резцом</i></p> <p>– движение формообразования – вращательное движение заготовки</p> $D_{\phi} \equiv D_r$ <p>– формообразующий зуб может быть и режущим</p> <p>– $\Delta_1 = \Delta_2 = 0$,</p> <p>где Δ_1 и Δ_2 – соответственно, кинематические погрешности образующей и направляющей</p>

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

<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 $\Delta_1 = f(\rho, s_z, d)$,</p> $\Delta_2 = f(\rho, s_z),$ <p>где ρ – радиус кривизны инструментальной поверхности в P_k; d – диаметр детали; s_z – 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 $D_{\phi 1} \equiv D_r, D_{\phi 2} \equiv D_s$</p> <p>– формообразующий зуб является режущим</p> <p>– погрешности</p> $\Delta_{1 \max} = s_z \sin \varphi \cdot \sin \varphi_1 / \sin(\varphi + \varphi_1)$ $\Delta_2 = f(s_z, R)$

<p>– групповая, переменная, многоцикловая</p> 	<p>Нарезание зубчатых колес червячными фрезами</p> <ul style="list-style-type: none"> – движения $D_{\phi 1} \equiv D_r$, $D_{\phi 2} \equiv D_{s1}$, $D_{\phi 3} \equiv D_{s2}$ – формообразующий зуб является режущим – погрешности $\Delta_1 = f(\rho, s_{03}, \rho_3)$ $\Delta_{1\max} = R\sqrt{R^2 - s_{03}^2} / 4,$ $\Delta_2 = f(\rho_3, s_{z1}, \alpha_3),$ <p>где ρ – радиус кривизны траектории зуба инструмента; ρ_3 – радиус кривизны поверхности зуба колеса; α_3 – угол зацепления</p>
<p>Комбинированные схемы</p>	
<p>– групповая, переменная, многоцикловая</p> 	<p>Обработка цилиндрической поверхности наружной фрезой</p> <ul style="list-style-type: none"> – движения $D_{\phi 1} \equiv D_r$, $D_{\phi 2} \equiv D_{s3}$, – формообразующий зуб является режущим – погрешности $\Delta_2 = 0$ $\Delta_{1\max} \cong s_{z3}^2 / 8(1/R + 1/r), R \approx \rho_n$
<p>– групповая, переменная, многоцикловая</p> 	<p>Обработка цилиндрической поверхности канавки внутренней дисковой фрезой</p> <ul style="list-style-type: none"> – $D_{\phi 1} \equiv D_r$, $D_{\phi 2} \equiv D_{s1}$, – формообразующий зуб является режущим – $\Delta_1 = 0$, $\Delta_2 = f(\rho_n, s_{z3}, d)$, $\Delta_{2\max} \approx \beta^2 / 8(1/r - 1/R),$ <p>где $\beta = (1/r - 1/R)s_{z3}$; $R \approx \rho_n$</p>

Эскиз схемы формообразования	Назначение, признаки, оценки
<p data-bbox="252 250 858 286">– групповая, переменная, многоцикловая</p> 	<p data-bbox="922 250 1407 331"><i>Нарезание зубчатого колеса наружным долбяком</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="922 340 1305 385">– $D_{\phi1} \equiv D_r, D_{\phi2} \equiv D_{s1},$ <li data-bbox="922 394 1114 439">$D_{\phi3} \equiv D_{s2}$ <li data-bbox="922 448 1072 492">– $\Delta_2 = 0,$ <li data-bbox="922 501 1321 546">$\Delta_1 = f(\rho_n, \rho_3, s_{04}, s_{03})$
<p data-bbox="252 840 858 875">– групповая, переменная, многоцикловая</p> 	<p data-bbox="922 840 1433 920"><i>Нарезание зубьев конического колеса резцами</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="922 929 1295 974">– $D_{\phi1} \equiv D_r, D_{\phi2} \equiv D_{s1},$ <li data-bbox="922 983 1129 1028">$D_{\phi3} \equiv D_{s2},$ <li data-bbox="922 1037 1327 1081">– $\Delta_1 = f(s_{z_n}, \rho_3), \Delta_2 = 0$
<p data-bbox="252 1406 858 1442">– групповая, переменная, многоцикловая</p> 	<p data-bbox="922 1406 1449 1487"><i>Обработка фасонной канавки наружной дисковой фасонной фрезой</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="922 1496 1295 1541">– $D_{\phi1} \equiv D_r, D_{\phi2} \equiv D_s,$ <li data-bbox="922 1550 1439 1630">– формообразующий зуб является режущим <li data-bbox="922 1639 1391 1684">– $\Delta_{1min} = 0, \Delta_2 = f(s_{z_n}, \rho_n),$ <li data-bbox="922 1693 1321 1774">$\Delta_{2max} \approx R\sqrt{R^2 - s_{z4}^2}/4,$ <li data-bbox="922 1783 1104 1827">при $R = \rho_n$

Эскиз схемы формообразования	Назначение, признаки, оценки
<p data-bbox="252 250 858 295">– групповая, переменная, многоцикловая</p> 	<p data-bbox="922 250 1420 331"><i>Нарезание резьбы внутренней резьбонарезной дисковой фрезой</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="922 347 1284 392">– $D_{\phi 1} \equiv D_r, D_{\phi 2} \equiv D_{s1}$ <li data-bbox="922 414 1125 459">– $D_{\phi 3} \equiv D_{s2},$ <li data-bbox="922 481 1444 537">– $\Delta_{1\min} = 0, \Delta_2 = f(\varepsilon, \rho_H, d, s_{z3}),$ <li data-bbox="949 560 1348 616">$\Delta_{2\max} \approx \beta^2 / 8(1/r - 1/R),$ <li data-bbox="933 627 1332 683">$\beta = (1/r - 1/R)s_{z3}; R \approx \rho_H$
<p data-bbox="252 716 858 761">– групповая, переменная, многоцикловая</p> 	<p data-bbox="922 716 1452 797"><i>Нарезание зубьев колеса пальцевой модульной фрезой</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="922 806 1284 851">– $D_{\phi 1} \equiv D_r, D_{\phi 2} \equiv D_s,$ <li data-bbox="922 873 1420 929">– $\Delta_{1\min} = 0, \Delta_2 = f(\rho_H, \rho_3, s_{zH})$
<p data-bbox="252 1438 858 1482">– групповая, переменная, многоцикловая</p> 	<p data-bbox="922 1438 1444 1518"><i>Нарезание зубьев колеса дисковой модульной фрезой</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="922 1527 1292 1572">– $D_{\phi 1} \equiv D_r, D_{\phi 2} \equiv D_s,$ <li data-bbox="922 1594 1428 1650">– $\Delta_{1\min} = 0, \Delta_2 = f(\rho_H, \rho_3, s_{z3}),$ <li data-bbox="949 1668 1356 1736">$\Delta_{2\max} \approx R - \sqrt{R^2 - s_{z3}^2 / 4},$ <li data-bbox="949 1747 1109 1792">при $R = \rho_H$

Выбор схемы среза 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 секущей плоскостью, а на рисунке 2.3, е – продольной, то они будут отражать профильную одинарную, схему срезания припуска. Кроме того, приняв, 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 – продоль-

ной, 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, н* 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. 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.

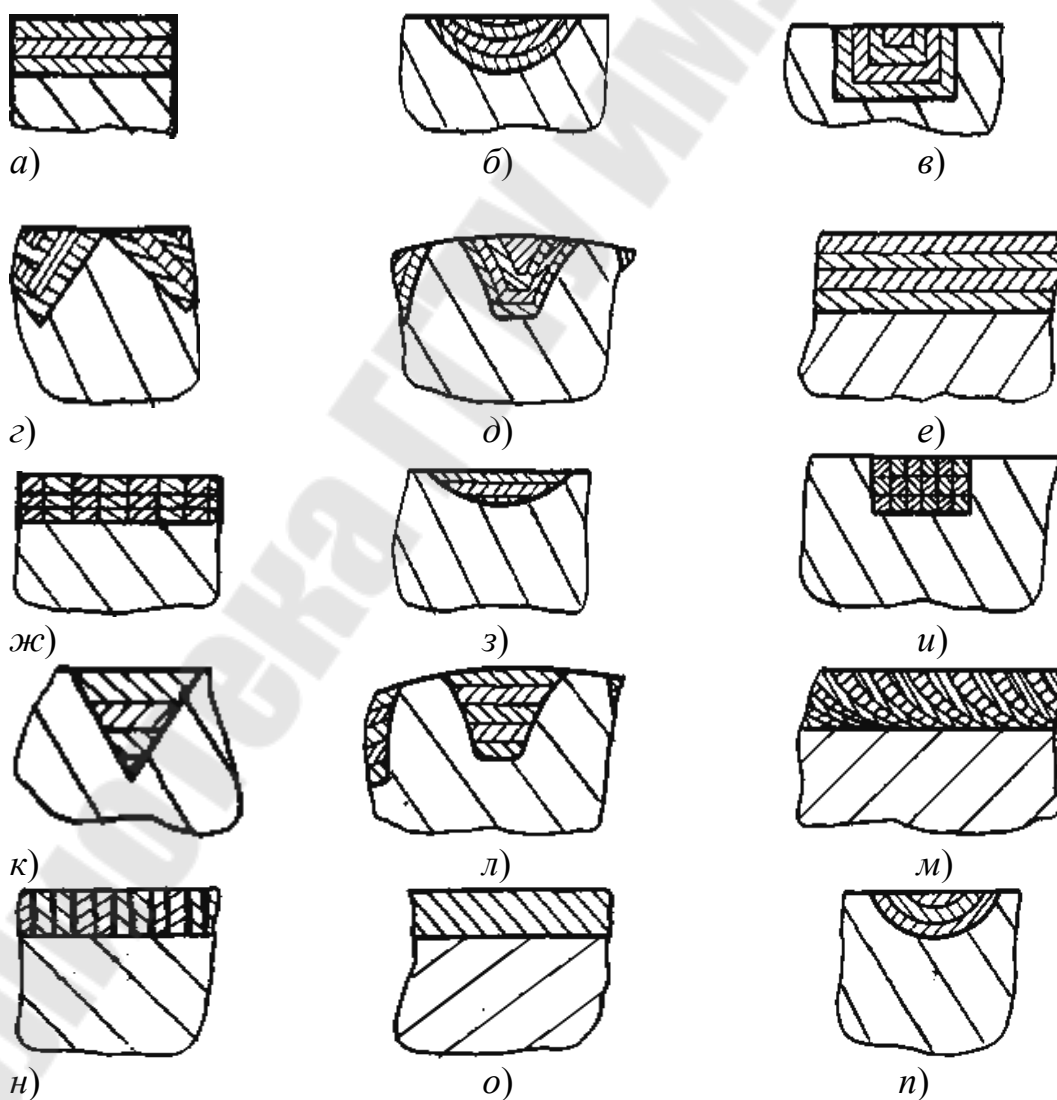


Рисунок 2.3 - Схемы срезания припуска

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 одноциклового схемы следа при формообразовании прямозубых зубчатых колес применяются строгальные модульные резцы, призматические протяжки, головки контурного зубодолбления и т. д.

Для реализации многоциклового 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 многоциклового 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 многоциклового 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.

Пример. Обработать отверстие, полученное литьем по Н8. На первом переходе (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 3.1.



Рисунок 3.1 - 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 3.1 и 3.2 приведены этапы технологического процесса при обработке деталей и их краткая характеристика.

Таблица 3.1 - Этапы технологического процесса

№ п/п	Наименование этапов	Назначение и характеристика этапов
1	Заготовительный	Получение заготовки, её термообработка
2	Черновой	Съём лишних припусков и напусков. Достижимая точность обработки $IT_{12} \dots IT_{15}$
3	Термический 1	Термообработка – «улучшение», старение
4	Получистовой 1	Достижимая точность обработки $IT_{11} \dots IT_{13}$. Шероховатость $Ra = 6,3$ мкм
5	Термический 2	Цементация
6	Получистовой 2	Съём цементационного слоя на поверхностях, предохраняемых от цементации
7	Термический 3	Закалка, улучшение
8	Чистовой 1	Точность обработки $IT_{6} \dots IT_{10}$. Шероховатость $Ra = 0,63$ мкм
9	Термический 4	Азотирование, старение
10	Чистовой 2	Шлифование поверхностей, не подлежащих азотированию
11	Чистовой 3	Точность обработки $IT_{5} \dots IT_{7}$. Шероховатость $Ra = 0,16$ мкм
12	Гальванический	Хромирование, никелирование и т.п.
13	Отделочный 1	Получение малой шероховатости $Ra = 0,08 \dots 0,04$ мкм

Таблица 3.2 - 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 Л12...Л14, 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 полусточная обработка главных поверхностей. Точность размеров Л8, Л9, 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 Л8, Л9, 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 Л5...Л7, 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

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. 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.

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 мар-

шрут, 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;

д) 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 маршрутов для различных типов корпусных деталей.

Примеры проектирования маршрута изготовления корпусных деталей

На рисунке 3.2 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 чугунной 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 *к*. 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 62Н7 и 180Н7 относительно оси *1 - 1* не более 0,02 мм;
- отклонение от соосности двух отверстий диаметрами 62Н7 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 поверхно-

стей - $58 \pm 0,1$; $100 \pm 0,3$, $207_{-1,5}^{-0,5}$, 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 $2-2$.

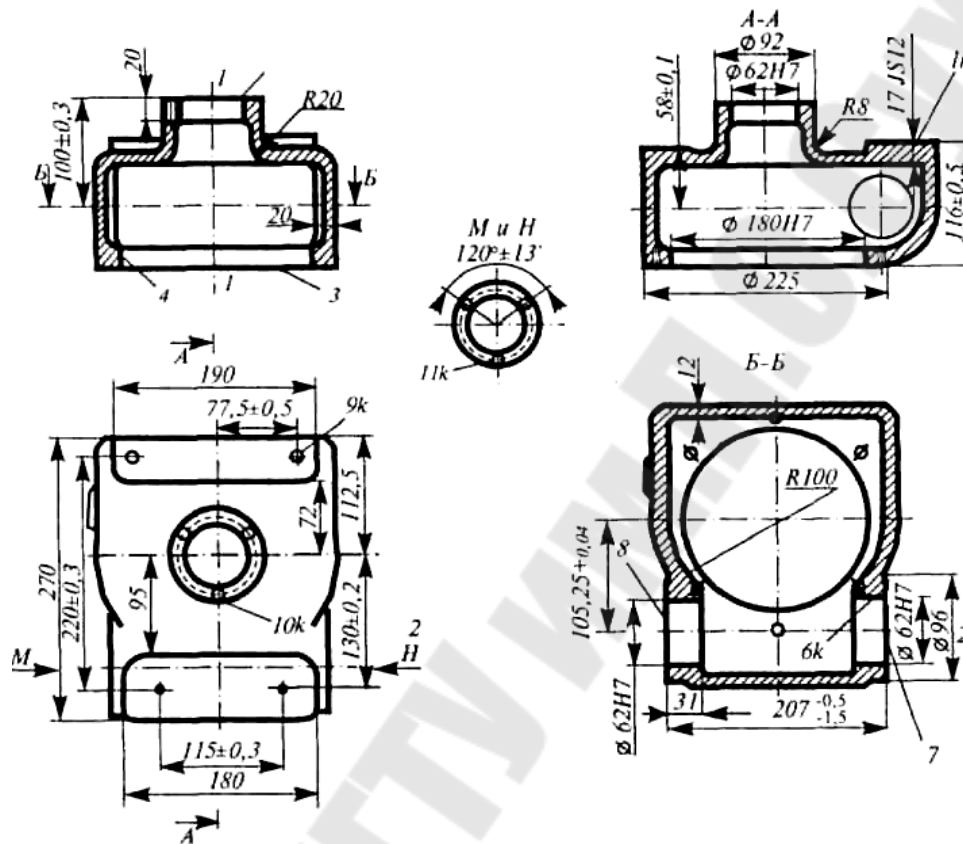


Рисунок 3.2 - Эскиз корпусной детали с технологической разметкой поверхностей

3.2 Разработка схемы маршрута

1. За основу разработки укрупненного плана обработки корпуса принимается типовая схема последовательности этапов обработки (см. таблицу 3.2).

2. В результате анализа простановки размеров (см. рисунок 3.2) и технических требований к расположению поверхностей, устанавливается, что основными базами детали являются: поверхность I - 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 $1-1$.

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 $2-2$ соответственно).

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 1 *k*, которые должны лежать в одной плоскости, и торец 2; комплекс *II* - отверстия 4 и 5 и торец 3; комплекс *III* - отверстия 6*k* 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 9*k* и 10*k*; комплекс *V* - отверстия 11*k*.

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 1 - 7 должна быть перпендикулярной к поверхности 1*k*; затем поверхности комплекса *III*, поскольку положение оси 2 - 2 задано относительно плоскости 1*k* и оси 1-1. 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 3.3.

5. По данным таблицы 3.2 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 3.3.

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 3.3, *а*, *б*, *в*) и по принципу постоянства технологических баз (рисунок 3.3, *б*, *в*).

На схемах базирования *У11* и *У12*, показанных на рисунке 3.3, *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 3.3, *б*) и *У31* (рисунок 3.3, *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).

Таблица 3.3 - 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
Номер поверхности	17j _B 12	42±0,2	116Ø0,5	Ø180H7	Ø62H7	Ø62H7	31±0,5	207 ^{-0,5} _{-1,5}	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 _B 12	42±0,2	116±0,5	IT12	IT12	IT12	31±0,5	207 ^{-0,5} _{-1,5}			
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

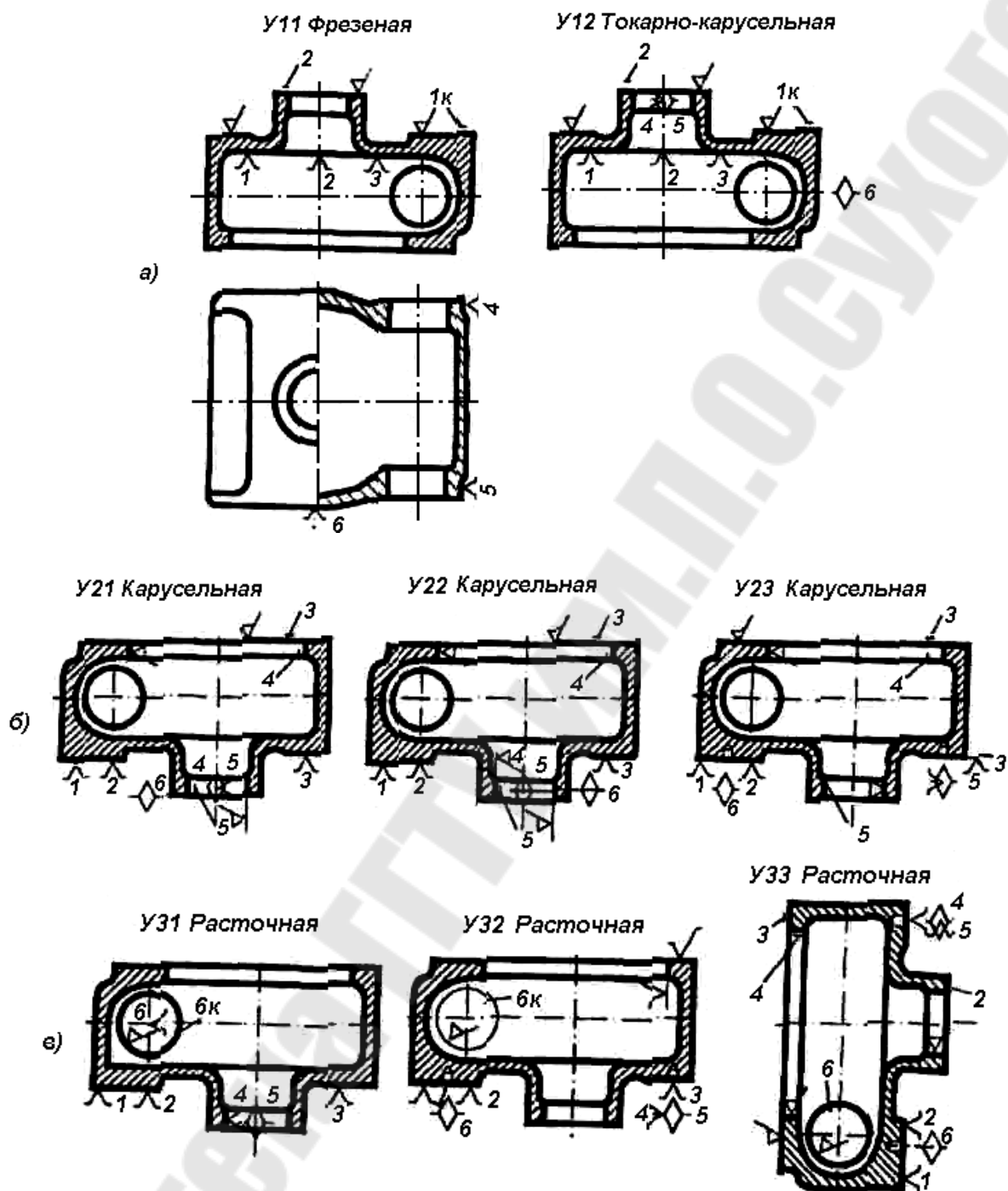


Рисунок 3.3 - Схемы базирования при обработке поверхностей:
 а – комплекса I; б – комплекса II; в - комплекса III.

Для базирования с соблюдением принципа постоянства технологических баз на схемах установок U23 (рисунок 3.3, б) и U32 (рисунок 3.3, в) показаны установки заготовки при обработке комплексов II и III поверхностей на разных станках, а на схеме установки U33 - при обработке комплексов II и III поверхностей в одну операцию на двух позициях. Очевидно, установки по схемам U23 и U32 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. Как показано на схеме установки У41 (рисунок 3.4), 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.

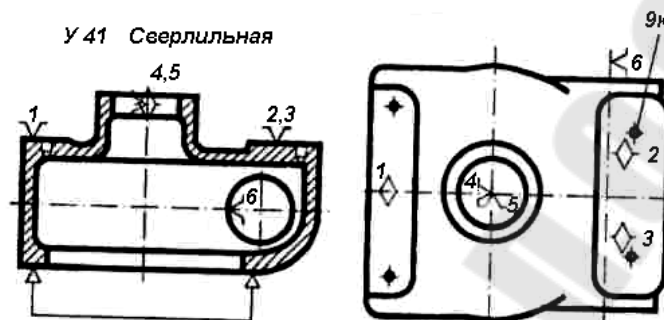


Рисунок 3.4 - Схема базирования для обработки баз

Схема базирования при обработке комплексов IV и V поверхностей (крепежных 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.

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, получистовой и чистовой.

7. В условия поставки заготовки включается выполнение высокотемпературного отжига для снятия внутренних напряжений первого рода.

3.3 Выбор маршрутов обработки отдельных поверхностей

Решения по выбору планов обработки поверхностей производится по рекомендациям таблиц средне-экономических достижимых точностей обработки (см. таблицы 3.4...3.8 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 3.4 - 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 3.5 - 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 3.6 - 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 3.7 - 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 3.8 - Основные методы электрофизической и электрохимической обработки

		Виды обработки	
		Электрофизическая	Электроэрозионная
<i>IT</i>	Электроискровая		
<i>Ra</i>			
<i>IT</i>	Электроимпульсная		
<i>Ra</i>			
<i>IT</i>	Электроконтактная		
<i>Ra</i>			
<i>IT</i>	Анодномеханическая		
<i>Ra</i>			
<i>IT</i>	Ультразвуковая		
<i>Ra</i>			
<i>IT</i>	Плазменная		
<i>Ra</i>			
<i>IT</i>	Лазерная		
<i>Ra</i>			
<i>IT</i>	Электронно-лучевая		
<i>Ra</i>			
		Электрохимические	Размерная в проточном электролите
<i>IT</i>			
<i>Ra</i>			
<i>IT</i>	Полирование		
<i>Ra</i>			
<i>IT</i>	Анодно-гидравлическая обработка		
<i>Ra</i>			
		Комбинированные	Электроэрозионнохимическая
<i>IT</i>			
<i>Ra</i>			
<i>IT</i>	Ультразвуковая и электрохимическая		
<i>Ra</i>			

10...6
25...0,1
11...10
5...1,6
11...10
5...0,4
10...6
1,6...0,025
9...6
1,6...0,025
-
-
11...10
2,5...0,32
10...9
3,2...0,8
11...9
3,3...0,4
9...6
0,4...0,02
10...8
12,5...0,8
10...7
3,2...0,4
10...6
1,6...0,02

Библиотека ГГТУ им. П.О.Степанова

Результаты укрупненного формирования операций отражены в таблице 3.3. Для корпуса, показанного на рисунке 3.2, возможны и другие варианты построения маршрутного технологического процесса. Так, в таблице 3.9 показаны второй и третий варианты схемы маршрута обработки.

Таблица 3.9 - Дополнительные варианты маршрута обработки корпуса

Операция	Второй вариант	Операция	Второй вариант
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
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		

Второй вариант отличается от рассмотренного варианта (таблица 3.3) 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 3.3, в). Этот вариант может оказаться предпочтительным при достаточно большом объеме выпуска, когда изготовление сложных установочно-зажимных приспособлений для схем установок У41 (см. рисунок 3.4) и УЗЗ (см. рисунок 3.3, 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].

Таблица 1- 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 2 - 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 3 - 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 4 - 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 5 - 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 6 - 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 7 - Средние показатели режима сверления станка

Способ обработки	Показатели			Материал режущей части
	t , мм	S , мм/об	v , м/мин	
Сверление спиральными 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 8 - Показатели качества обработки при зенкеровании 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 9 - 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 10 - 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 11 - 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 12 - Типовые режимы протягивания стали

Показатели режима	Протягивание				
	внутреннее			наружное	
	круглых отверстий	шлицевых отверстий	шпоночных пазов	плоскостей и пазов	фасонных поверхностей
P , 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. P - 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 13- 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 14 - 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 15 - 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 16 - 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 17 - 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 18 - 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 19 - 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 20 - 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						
Литье 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
Многократные 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 21 - 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			

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)

« _____ » _____ 201__ г.

ЗАДАНИЕ
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 детали.

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. Худобин, Л.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб.пособие / Л.В. Худобин, В.Ф. Гурьянихин, В.Р. Берзин – М.: Машиностроение, 1989. - 288 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.: ил. – ISBN 978-985-420-614-1.

**Михайлов Михаил Иванович
Шабакаева Зинаида Якубовна**

ТЕХНОЛОГИЯ СТАНКОСТРОЕНИЯ

**Учебно-методическое пособие
по курсовому проектированию
по одноименной дисциплине для студентов
специальности 1-36 01 03 «Технологическое
оборудование машиностроительного производства»
дневной и заочной форм обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 08.05.14.

Рег. № 55Е.
<http://www.gstu.by>