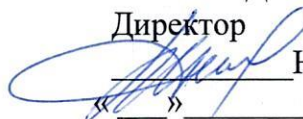


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
Нижнетагильский технологический институт (филиал)
Нижнетагильский машиностроительный техникум

УТВЕРЖДАЮ

Директор

 Н.Н. Белых

«___» _____ 202 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ И ЗАЩИТЕ
КУРСОВОГО ПРОЕКТА
ПО ПРОФЕССИОНАЛЬНОМУ МОДУЛЮ ПМ01
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ
МАШИН
ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ СПО
15.02.16 ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

Методические рекомендации разработаны на основе Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 15.02.16 Технология машиностроения, утвержденного приказом Министерства просвещения от 14 июня 2022 года № 444 укрупненной группы подготовки 15.00.00 Машиностроение

Организация
разработчик:

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени
первого Президента России Б.Н. Ельцина»
Нижнетагильский технологический и институт
Нижнетагильский машиностроительный техникум

Разработчик:

Гусева Елена Игоревна, преподаватель высшей
квалификационной категории

Методические рекомендации обсуждены и одобрены на заседании цикловой комиссии
машиностроения и технологии материалов

Протокол № 1
«16» 02 2026г.

Председатель ЦК 

И.В.Семухина

Методические рекомендации рассмотрены и одобрены на заседании Учебно-методического
Совета НТИ (филиала) УрФУ

Протокол № 2
«19» 03 2026г.

Председатель УМС  М.В. Миронова

Согласовано:
Начальник УО



О.Н. Дейнес

Методист



Е.Ю. Зарубина

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 СОДЕРЖАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	
1.1 Цель и задачи курсового проектирования	6
1.2 Тема, состав и объем курсового проекта	6
1.3 Организация курсового проектирования	7
2 ОБЩИЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	
2.1 Оформление пояснительной записки	8
2.2 Оформление графической части проекта	11
2.3 Оформление технологической документации	13
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ	16
4 СТРУКТУРА И ПРИМЕРНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ	17
5 ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	46
6 КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	47
7 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	49
ПРИЛОЖЕНИЯ	
Пояснительная записка курсового проекта (отдельно)	
Комплект документов на технологический процесс(отдельно)	
Комплект документов на технологический процесс(отдельно)	

ВВЕДЕНИЕ

В учебном процессе профессионального становления значительное место отводится самостоятельной работе студентов старших курсов, такой, как курсовое проектирование профессиональному модулю ПМ01 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Курсовой проект – это исследовательская работа, проводимая на заключительном этапе изучения профессионального модуля

– формирования элементов **профессиональных и общих** компетенций обучающихся:

- ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.
- ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.
- ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.
- ОК 04 Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде.
- ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста.
- ОК 06 Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения.
- ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.
- ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на русском и иностранном языках.

- ПК 1.1. Использовать конструкторскую и технологическую документацию при разработке технологических процессов изготовления деталей машин
- ПК 1.2. Выбирать метод получения заготовок с учетом условий производства
- ПК 1.3. Выбирать методы механической обработки и последовательность технологического процесса обработки деталей машин в машиностроительном производстве
- ПК 1.4. Выбирать схемы базирования заготовок, оборудование, инструмент и оснастку для изготовления деталей машин
- ПК 1.5. Выполнять расчеты параметров механической обработки изготовления деталей машин, в т.ч. с применением систем автоматизированного проектирования
- ПК 1.6. Разрабатывать технологическую документацию по изготовлению деталей машин, в т.ч. с применением систем автоматизированного проектирования
- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений профессионального модуля;
 - углубления теоретических знаний в соответствии с заданной темой;
 - формирования умений применять теоретические знания при решении поставленных вопросов;
 - формирования умений использовать справочную, нормативную и правовую документацию;
 - развития творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности при решении вопросов производственно-технического характера;
 - подготовки к итоговой государственной аттестации.

Курсовой проект выполняется по исходным данным, *выданным преподавателем.*

1 СОДЕРЖАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

1.1 Цель и задачи курсового проектирования

Основная цель курсового проекта заключается в приобретении студентами практических навыков по разработке технологических процессов, техническому нормированию различных операций, проектированию технологических наладок станков и оценки принятых технологических решений.

В соответствии с этим в процессе курсового проектирования решаются следующие задачи;

- расширение, углубление, систематизация и закрепление теоретических знаний студентов;
- применение приобретенных знаний при проектировании технологических процессов изготовления деталей;
- развитие и закрепление навыков ведения самостоятельной творческой работы.

Курсовые проекты по профессиональному модулю должны быть реальными, т. е. содержать технологические разработки, имеющие практическую ценность.

1.2 Тема, состав и объем курсового проекта

Темы курсовых проектов подбираются и формулируются с учетом возможностей и перспектив развития предприятий - баз технологической практики, а также на основе тематики и планов научно-исследовательских работ выпускающей комиссии. Тематика курсовых проектов может обновляться ежегодно.

Как правило, в типовом курсовом проекте студент разрабатывает единичный технологический процесс изготовления детали.

Темой курсового проекта может быть:

- проектирование технологического процесса механической обработки заданной детали;
- повышение технологического уровня изготовления детали по сравнению с существующим на производстве.

Тема курсового проекта может быть связана с темой дипломного проекта.

Курсовой проект состоит из пояснительной записки, графических материалов и альбома технологической документации.

Пояснительная записка является основным документом курсового проекта, в котором приводится информация о выполненных расчетах, технических и организационных разработках и обоснованиях. Объем ПЗ примерно составляет 40-60 страниц рукописного текста или, соответственно, 30-50 страниц напечатанного с помощью компьютера текста. Содержание ПЗ должно соответствовать полученному заданию.

Общий объем графической части составляет 2-3 листа формата А1.

Графический материал курсового проекта включает:

- рабочий чертеж детали;
- рабочий чертеж заготовки;
- схемы наладки многоинструментальной обработки;

Альбом технологической документации состоит из титульного листа (ТЛ) и комплекта маршрутных карт (МК), операционных карт (ОК) и карт эскизов (КЭ), которые должны быть заполнены черной пастой на соответствующих бланках.

1.3 Организация курсового проектирования

Студентам дневного отделения выдается задание на курсовое проектирование по ПМ01. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин в начале того семестра, в котором учебным планом предусмотрено выполнение курсового проекта; студентам заочного отделения подобное задание выдается на соответствующих установочных занятиях.

Задание на курсовое проектирование оформляется на специальном бланке. В нем указываются вопросы, подлежащие разработке в курсовом проекте, а также годовая программа выпуска деталей. Задание подписывают преподаватель - руководитель проекта и председатель цикловой комиссии.

Деталь, подбираемая для курсового проекта, по возможности должна иметь точные сопряженные поверхности различного вида (плоские, цилиндрические, фасонные и др.). Это могут быть ступенчатый вал, вал-шестерня, зубчатое колесо и тому подобные детали, требующие для обработки не менее 5 разнотипных операций.

Курсовой проект студенты выполняют самостоятельно, консультируясь в процессе работы с руководителем и преподавателем МДК01.01 Проектирование технологических процессов деталей машин

Руководитель подписывает титульный лист окончательно оформленной ПЗ и завершённые чертежи проекта.

Самостоятельная работа студента над курсовым проектом организуется в соответствии с составленным графиком выполнения проекта, где указываются сроки выполнения отдельных этапов. Текущий контроль за ходом выполнения курсового проектирования осуществляет преподаватель - руководитель проекта.

Выполненный курсовой проект студенты всех форм обучения защищают перед преподавателем - руководителем проекта и в присутствии студентов.

Для изложения содержания проекта студенту предоставляется 8-10 минут. При этом студент должен осветить основные вопросы, в том числе:

- указать служебное назначение детали;
- изложить предъявляемые технические требования;
- охарактеризовать технологическое обеспечение;

- обосновать выбор заготовки;
- оценить технологичность конструкции детали;
- сформулировать принципы построения технологического процесса

Необходимо четко выделить все то новое, что предложено самим студентом, остановиться на техническом обосновании принятых в проекте решений.

По окончании доклада студенту задают вопросы по содержанию проекта. После ответов на вопросы преподаватель определяет оценку курсового проекта.

2 ОБЩИЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект должен разрабатываться и оформляться в строгом соответствии с Единой системой конструкторской документации и Единой системой технологической документации (ЕСКД и ЕСТД).

Курсовому проекту присваивается шифр (обозначение), который состоит из аббревиатуры КП (курсовой проект), номера специализации (15.02.08), порядкового номера, присваемого фамилии студента в журнале преподавателя - руководителя курсового проекта (01, 02, 25). На титульном листе и основных надписях ПЗ проставляется этот же шифр (пример полной записи шифра: КП. 15.02.08.01). В обозначение каждого листа чертежей добавляется также его порядковый номер, например, КП. 15.02.08.01.1.

2.1 Оформление пояснительной записки

Как уже упоминалось, основным документом курсового проекта является ПЗ, в которой приводятся описание технических разработок, обоснования и расчеты.

Пояснительная записка курсового проекта оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-79 и ГОСТ 7.32-81 на листах формата А4 с рамками и основной надписью по ГОСТ 2.106-68.

В пояснительной записке материал должен быть изложен в логической последовательности, достаточно убедительно и аргументировано, с необходимыми иллюстрациями (схемы, таблицы, графики) и расчетами. Текст следует оформлять на одной стороне листа формата А4 (210x297 мм).

Титульный лист ПЗ оформляется как показано в приложении III и выполняется заодно с обложкой на чертежной бумаге или на отдельном листе А4. Надписи на титульном листе выполняются черной пастой чертежным шрифтом или на компьютере.

Текст ПЗ делится на разделы, подразделы и пункты с соответствующей нумерацией.

Нумерация страниц ПЗ должна быть сплошной: на первой странице располагается титульный лист, на второй - "Задание на курсовой проект", на третьей - "Содержание" и т.д. На титульном листе и на следующей странице номер не проставляется; следовательно, нумерация страниц начинается с

третьей страницы.

Все рисунки, таблицы и формулы в ПЗ должны иметь нумерацию, состоящую из номера раздела и порядкового номера. Порядковый номер формулы обозначается арабской цифрой в круглых скобках. После формулы дается расшифровка величин, входящих в формулу, их размерность и наименование.

Иллюстрации (таблицы, схемы, графики) должны иметь, помимо номера, наименование и поясняющие данные.

Ссылки в тексте ПЗ на литературные источники обозначают порядковым номером по списку источников с указанием страницы.

Пояснительная записка должна иметь следующее структурное построение:

- Титульный лист
- Задание (бланк) на курсовой проект.
- Содержание.
- Введение.

Исходная информация для разработки курсового проекта.

- Служебное назначение и техническая характеристика детали.
- Анализ технологичности конструкции детали.
- Определение типа производства.

Анализ исходных данных для разработки технологического процесса.

Разработка технологического процесса обработки детали.

- Выбор типового технологического процесса.
- Выбор исходной заготовки и метода ее изготовления.
- Выбор технологических баз.
- Разработка технологического маршрута обработки детали.
- Выбор средств технологического оснащения.

Технологические расчеты.

- Расчет припусков и операционных размеров.
- Расчет режимов резания.
- Расчет технических норм времени.

Заключение.

Список литературы.

Приложения.

Во всех материалах курсового проекта должен соблюдаться ГОСТ 8.417-81, который регламентирует единицы физических величин, правила их написания и обозначения.

В ПЗ обязателен "Список литературы", который должен включать все использованные источники в порядке следования ссылок в тексте; он оформляется с соблюдением требований ГОСТ 7.1-84.

Приложения располагаются в конце ПЗ и даются в порядке следования

ссылок на данные приложения в тексте. Каждое приложение начинают с новой страницы с указанием в правом верхнем углу слова "Приложение" с соответствующей сквозной нумерацией (например: "Приложение 1; "Приложение 2" и т. д.).

Стандартная технологическая документация оформляется в виде отдельного альбома, на титульном листе (ТЛ) которого делают такую же надпись, как и на титульном листе ПЗ, добавив слово "Приложения". Альбом размещается в конце приложений и сброшюровывается вместе с ПЗ в одно целое.

2.2 Оформление графической части проекта

Объем графической части 1-2 листа формата А1.

Графическая часть проекта состоит из чертежей детали, заготовки и чертежей наладок на многоинструментальные операции. Все чертежи выполняются по общим правилам ЕСКД на ЭВМ в любой графической программе. Толщина сплошной основной линии должна быть в пределах 1-1,5 мм в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа. Цифры, буквы и знаки должны быть отчетливы и соответствовать требованиям ГОСТ 2.304-81.

Чертежи выполняются на листах бумаги формата А1 (594x841). Рекомендуются масштаб чертежей 1:1, так как он дает наглядное представление о действительных размерах элементов конструкции. Применение других масштабов и форматов чертежей в каждом конкретном случае решается студентом совместно с руководителем курсового проекта.

2.2.1 Рабочие чертежи детали и заготовки

Рабочие чертежи детали и заготовки делают отдельно. В индивидуальных случаях по согласованию с руководителем допускается совмещать чертеж отливки с чертежом детали (ГОСТ 2.423-73). Количество изображений (виды, разрезы, сечения) на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для полного представления о предмете.

Чертежи детали и заготовки должны содержать технические требования и другие данные, необходимые для их изготовления и контроля, в соответствии с требованиями ЕСКД (ГОСТ 2.107-68; ГОСТ 2.109-68; ГОСТ 2.301-68; ГОСТ 2.307-2.310-68; ГОСТ 2.316-68 и др.). Указываются технические требования, предъявляемые к материалу детали, термической обработке, качеству поверхностей, а также размеры, предельные отклонения и др. Порядок внесения технических требований в чертеж регламентируется ГОСТ 2.316-68.

Для заготовок (поковка, штамповка, отливка) указываются термообработка и твердость, допускаемая величина остатков заусенцев, способ очистки поверхности, глубина внешних дефектов, дефекты формы и другие пространственные погрешности, принятые при расчете припусков на механическую обработку.

В случае, когда чертежи детали и заготовки совмещены, технические требования пишутся отдельно.

Чертеж заготовки разрабатывается на основании чертежа готовой детали с учетом припусков, допусков и напусков в том же масштабе, в котором изображена деталь, в соответствии с ГОСТ 7505-89; ГОСТ 7829-70; ГОСТ 7062-90; ГОСТ 26645-85, ГОСТ 3.1126-88; ГОСТ 2.423-73.

Контур заготовки вычерчивают сплошными контурными линиями по номинальным размерам. Готовую деталь на чертеже заготовки наносят тонкой штрихпунктирной линией с двумя точками (ГОСТ 3.1126-88), давая лишь необходимые ее контуры, наглядно показывающие наличие припусков на обработку.

Числовые значения припусков также дают на чертеже. Допускается также вносить под размерами заготовки размеры детали в круглых скобках. На чертеже заготовки должны быть даны технологические (исходные) базы, используемые при первой операции механической обработки.

В технических требованиях на заготовку в зависимости от способа ее изготовления должны быть указаны требования, установленные в соответствующих стандартах.

В графе основной надписи чертежа (в штампе) заготовки под наименованием детали следует писать: "...штамповка..." или "...отливка...". В случае совмещенного выполнения чертежей детали и заготовки контур детали вычерчивается сплошными основными линиями, а припуски - сплошными тонкими линиями. Пример графического выполнения поковки шестерни приведен в приложении.

Расположение плоскости разъема штампа следует изображать тонкой штрихпунктирной линией, обозначенной на концах значками "х-"; "-х".

2.2.2 Чертеж наладки многоинструментальной обработки

В курсовом проекте для наглядности разрабатываются расчетно-технологические карты наладки многоинструментальной обработки, это касается револьверных, агрегатных и станков с ЧПУ.

На картах деталь показывается обязательно в том положении, в каком она проходит указанную в этом документе обработку, в том виде и с теми размерами, которые она приобретает после ее окончания. Указывается все, что необходимо для, выполнения данной технологической операции или перехода: технологические базы, места, направления и виды зажимов, размеры с предельными отклонениями, шероховатость поверхностей и технические требования (для чистовых операций). На листе для наглядности приводится упрощенное изображение режущих инструментов в крайнем положении, соответствующем концу обработки. При многоинструментальной обработке на операционном эскизе должны быть показаны все режущие инструменты в упрощенном изображении - в том расположении относительно друг друга

обрабатываемой детали, в каком они находятся в конечный момент резания. Также указываются стрелками движения инструмента и детали.

Если для обработки какой-либо поверхности применяют несколько последовательно работающих инструментов (сверло, зенкер, развертка), то они изображаются в ряд последовательно. Для агрегатных станков приводится один вид с последовательным изображением режущих инструментов, применяемых на каждой позиции; при этом номера позиций обозначаются римскими цифрами.

Если операция состоит из нескольких установов, то эскиз наполняется на каждый установ.

Таблицы, схемы и технические требования размещают на свободном поле чертежа справа от изображения или под ним. Технические требования излагают по ГОСТ 2.316-68, знаки базирования и зажимных усилий (обозначение опор и зажимов) наносятся по ГОСТ 3.1107-81. На карты наладки масштабы не устанавливаются, но следует примерно соблюдать пропорции детали. Необходимое количество изображений (виды, разрезы, сечения и выносные элементы) устанавливается из условия обеспечения наглядности и ясности изображения обрабатываемых поверхностей.

Обрабатываемые поверхности следует обводить сплошной жирной линией толщиной 2-3 S (S-толщина линии по ГОСТ 2.303-68). На графических листах для большей наглядности обрабатываемые поверхности разрешается обводить красным цветом, а режущий инструмент - синим.

2.3 Оформление технологической документации

После разработки технологического процесса изготовления детали оформляют технологическую документацию в соответствии с требованиями ЕСТД на бланках соответствующих форм в виде альбома, включающего:

- титульный лист (ГОСТ 3.1105-84, форма 2);
- маршрутную карту (ГОСТ 3.1118-82, форма 1, 1а, 1б);
- операционные карты механической обработки (ГОСТ 3.1404-86, формы 2, 2а, 3);
- карты эскизов (ГОСТ 3.1105-84, формы 7, 7а).

Комплект форм технологических карт представлен в приложении I.

Студенты заочного отделения могут использовать бланки форм ЕСТД технологической службы того предприятия, на котором они работают.

Маршрутная карта — документ, содержащий описание технологического процесса изготовления изделия, включая контроль и перемещение по всем операциям в технологической последовательности с указанием данных об оборудовании, оснастке, материальных и трудовых нормативах. Форма и правила оформления МК установлены ГОСТ 3.1118-82 (формы 1, 1а, 1б).

Операционная карта - описание технологической операции с указанием переходов, режимов обработки и данных о средствах технологического

оснащения. ОК оформляется в соответствии с ГОСТ 3.1404-86 (формы 2, 2а, 3). Операционные карты заполняются на все операции механической обработки.

Операционные эскизы вычерчиваются на картах эскизов по ГОСТ 3.1104-3.1105-86.

Все примеры заполнения технологических карт даны без присвоения кодов по технологическому классификатору и классификатору ЕСКД. Выполнение требований по классификации и кодированию деталей и технологического процесса не является питательным.

2.3.1. Порядок заполнения маршрутной карты (форма 1,1а, ГОСТ 3.111882)

В заголовке маршрутной карты указывается наименование детали. В строке М01 заголовка - наименование, сортамент, марка и ГОСТ материала. В строке М02 - код единицы величины (массы, длины и т. д.) детали, заготовки (ЕВ); масса детали по конструкторскому документу (МД); единица нормирования расхода материала (1, 10, 100) (ЕН); нормы расхода материала (Нрасх.); коэффициент использования (КИМ); код (или вид) заготовки по классификатору; профиль и размеры исходной заготовки; количество деталей, изготавливаемых из одной заготовки (КД); масса заготовки (МЗ).

На поле МК в строках А (03, 08 и др.) указываются номер операции, ее наименование и номер инструкции по охране труда.

В строки Б (04, 09 и др.) заносятся следующие сведения: наименование и модель оборудования; степень механизации (СМ); код профессии; разряд работы (Р); код условий труда (УТ); количество исполнителей (КР), занятых при выполнении операции; количество одновременно изготавливаемых (обрабатываемых) деталей (КОИД); единица нормирования (ЕН) (см. строку М02); объем партии заготовок (ОП); коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании (Кшт); норма подготовительно-заключительного времени (Тпз) и норма штучного времени на операцию (Тшт).

В строках О (05, 10 и др.) указывается содержание операции.

В строки Т (0,6, 12 и др.) заносится информация о применяемой при выполнении операции технологической оснастке.

2.3.2 Порядок заполнения карты эскизов (по ГОСТ 3.1105-84, форма 7,7а)

Разрабатываются для операций, если операция состоит из нескольких установов, то эскиз выполняется на каждый установ. Выполняются деталь в положении обработки со стороны рабочего - исполнителя, в том виде и с теми размерами, которые она приобретает после окончания операции. Масштаб на эскизы не устанавливается, но следует соблюдать пропорции детали. Все эскизы выполняются в одном (принятом) масштабе. Необходимое количество изображений (виды, разрезы, сечение и выносные элементы) устанавливается из условия обеспечения наглядности и ясности изображения обрабатываемых поверхностей.

Указывается все, что необходимо для выполнения данной операции:

технологические базы и зажимы, размеры с отклонениями, шероховатость поверхностей (общая для операции и частные случаи), технические требования. Схемы и таблицы, поясняющие операцию, располагаются на свободном поле эскиза справа от изображения или под ним.

На эскизе все обрабатываемые поверхности выделяются жирной линией и условно нумеруются арабскими цифрами. Нумерация производится по часовой стрелке, начиная с левой стороны арабскими цифрами в окружность диаметром 6-8 мм и соединяется с обрабатываемой поверхностью.

Карта эскизов операции контроля выполняется по тем же правилам, только нумеруются все размеры и технические требования.

2.3.3 Порядок заполнения операционной карты (форма 2,2а, 3 ГОСТ 3.1404-86)

В заголовке операционной карты указываются: наименование детали и операции; в краткой форме записи - наименование и марка материала детали; твердость материала заготовки; код единицы величины (массы, длины и т. п.) детали, заготовки (ЕВ); масса детали по конструкторскому документу (МД); профиль и размеры исходной заготовки; масса заготовки (МЗ); количество одновременно изготавливаемых (обрабатываемых) деталей (КОИД); оборудование; обозначение программы для станков с ЧПУ; норма основного времени T_o ; норма вспомогательного времени T_v ; норма подготовительно-заключительного времени $T_{пз}$; норма штучного времени на операцию $T_{шт}$, информация о применяемой СОЖ.

На поле ОК в строке Р указываются: номер позиции инструментальной наладки (ПИ) для станков с ЧПУ; расчетный размер обрабатываемого диаметра (ширины) детали с учетом врезания и перебега (Д или В); расчетный размер длины рабочего хода с учетом врезания и перебега (L); глубина резания (t); число переходов (i); подача (S) мм/об; число оборотов шпинделя (n) в мин; скорость резания (V) м/мин.

Далее заполняются строки содержания переходов.

В строке О даются номер и наименование перехода (включая установку и снятие заготовки); номер обрабатываемой поверхности (или выдерживаемый размер). Запись информации следует выполнять в технологической последовательности по всей длине строки и переходить по необходимости на следующие строки.

Строка Т заполняется вне связи с графами; здесь указываются наименование, обозначение, характеристика и ГОСТ применяемого вспомогательного приспособления, режущего и мерительного инструмента. Запись следует выполнять по всей длине строки и по мере заполнения использовать последующие строки.

Строка Р заполняется для каждого перехода с указанием основных параметров режима обработки поверхностей, перечисленных в строке О, в том

числе ПИ, Д или В, L, t, i, S, п, V.

Далее даются сведения о следующих переходах данной операции и т. д. При необходимости продолжения карты на следующем бланке используют форму 2а (последующий лист) по ГОСТ 3.1404-86, отличающуюся уменьшенным заголовком.

Правила записи операций и переходов обработки резанием регламентированы ГОСТ 3.1702-79.

Наименование операций обработки резанием должно отражать применяемый вид оборудования и записываться именем прилагательным в именительном падеже (например: "Агрегатная", "Зубострогальная", "Токарно-винторезная" и т. п.).

В содержание операции (перехода) должны быть включены:

- ключевое слово, характеризующее метод обработки и выраженное

глаголом в неопределенной форме (например: "Точить"; "Фрезеровать"; "Сверлить"; "Нарезать"; "Расточить" и т. п.);

- наименование обрабатываемой поверхности, конструктивных элементов (например: "Цилиндр" и т. п.);
- информация по размерам или их условным обозначениям;
- дополнительная информация, характеризующая количество одновременно или последовательно обрабатываемых поверхностей, характер обработки (например: "предварительно", "одновременно", "по копиру", "согласно чертежу (эскизу)" и т. д.).

При записи содержания операции (перехода) допускается полная или сокращенная форма записи. Полная запись содержания перехода предусматривает перечисление всех выдерживаемых размеров и выполняется при отсутствии эскизов. При сокращенной записи используется ссылка на условное обозначение обрабатываемого элемента, а необходимая размерная информация приводится в операционном эскизе. Например: "Точить канавку 8".

При заполнении карты контроля учитываются особенности данной операции.

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ

Предлагаемая методика выполнения курсового проекта позволит студентам выдержать единство требований в решении отдельных вопросов.

Учитывая сложившуюся практику, можно рекомендовать порядок проектирования технологических процессов (ТП) в виде структурной схемы, на которой представлены основные этапы проектирования; их содержание изложено ниже (рис. 3.1).

Проектирование технологических процессов составляют следующие взаимосвязанные этапы, для которых определены конкретные задачи:

Изучение исходной информации и технологическая подготовка.

Анализ исходных данных.

Разработка технологического процесса обработки детали.

Технологические расчеты.

На первом этапе требуется изучить исходную информацию (базовую, руководящую и справочную) и выполнить работу по технологической подготовке, цель которой - получить исходные данные для разработки технологического процесса.

Технологическая подготовка включает:

- описание служебного назначения и составление технической характеристики детали;
- анализ технологичности конструкции детали (отработка конструкции детали на технологичность);
- определение типа производства.

В завершение этапа необходимо откорректировать и оформить рабочий чертеж детали.

На втором этапе анализируются исходные данные и формулируются основные технологические задачи.

Третий этап - собственно разработка технологического процесса:

- выбор исходной заготовки и экономическое обоснование;
- выбор технологических баз;
- выбор методов обработки;
- разработка технологического маршрута обработки детали;
- разработка технологических операций обработки детали.

В процессе выполнения этого этапа определяется форма заготовки и форма МК.

На четвертом этапе выполняются технологические расчеты припусков, точности обработки, размерных цепей, режимов резания и технических норм времени. В заключении оформляются рабочий чертеж заготовки, разрабатываются схемы базирования, технологические эскизы.

Порядок выполнения курсового проекта должен соответствовать построению данного раздела.

4 СТРУКТУРА И ПРИМЕРНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

4.1 Введение

Во "Введении" к курсовому проекту описывают общие направления решения задач проектирования, обосновывают актуальность разрабатываемой темы, ее значение для повышения эффективности производства и

формулируют основные задачи, поставленные перед студентом в рамках курсового проектирования.

Можно рекомендовать такую последовательность построения "Введения":

1. Перспективные направления развития машиностроения.
2. Состояние и прогноз развития производства на базовом предприятии.
3. Обоснование новизны и эффективности предлагаемых проектных решений.

4. Формулирование основных задач, решаемых в курсовом проекте, описание их практической значимости. Объем "Введения" не должен превышать 1 -2 страниц текста.

4.2 Исходная информация для разработки курсового проекта

Исходная информация для выполнения курсового проекта по технологии машиностроения подразделяется на базовую, руководящую и справочную (ГОСТ 14.301-83).

Базовая информация включает данные, содержащиеся в конструкторской документации, в чертеже детали (изделия), а также годовую программу выпуска этих деталей (исходные данные).

Руководящая информация включает данные, содержащиеся в стандартах, устанавливающих требования к технологическим процессам, а также в стандартах на оборудование и оснастку, в документации на действующие единичные технологические процессы, в классификаторах технико-экономической информации, производственных инструкциях, материалах по выбору технологических нормативов (режимов обработки, припусков и др.), в документации по охране труда.

Справочная информация содержит данные, имеющиеся в технологической документации опытного производства, в описаниях прогрессивных методов изготовления изделий, каталогах, паспортах, справочниках, планировках производственных участков, методических материалах. Справочная информация содержится также в учебниках, учебных пособиях, методических указаниях, в периодических изданиях.

Подбор и изучение руководящей и справочной информации является одной из основных задач технологической практики студентов.

В ПЗ студент приводит список источников справочной и руководящей информации, которые он использовал при выполнении курсового проекта.

На основе изучения исходной информации необходимо произвести технологическую подготовку исходных данных, необходимых для проектирования технологического процесса. Содержание технологической подготовки приведено ниже (п. 3.2.1, 3.2.2; 3.2.3).

4.2.1 Служебное назначение и техническая характеристика детали

Этот раздел ПЗ начинают с описания конструкции заданной детали, ее служебного назначения. Приводят техническую характеристику детали, анализируют чертеж детали.

В случае отсутствия технических требований на чертеже детали они разрабатываются студентом в соответствии со служебным назначением детали и условиями ее изготовления.

Описание служебного назначения детали должно включать анализ функционального назначения и перечень условий, в которых она должна работать в узле или механизме. Если назначение детали неизвестно, то следует описать назначение ее как типовой детали и назначение поверхностей.

Из описания назначения и конструкции детали должно быть ясно, какие поверхности и размеры имеют основное значение в плане служебного назначения детали, а какие - второстепенное.

В технической характеристике детали должны быть указаны все технические требования, предъявляемые к детали и указанные на чертеже. Это требования к точности, качеству обрабатываемых поверхностей и другие технические указания на изготовление детали.

В этом же разделе следует привести данные о материале детали, его назначении и области применения в деталях машиностроения. Например: "Сталь 20Х ГОСТ 4543-71 легированная конструкционная применяется для деталей средних размеров с твердой износостойчивой поверхностью при достаточно прочной и вязкой сердцевине, работающей при больших скоростях и средних давлениях. Из стали 20Х рекомендуется изготавливать зубчатые колеса, кулачковые муфты, втулки, плунжеры, копры, шлицевые валики, работающие в подшипниках скольжения, и т. д."

Необходимо также указать химический состав и механические свойства материала детали. Эти сведения даются в таблицах (табл. 3.1, 3.2).

Таблица 3.1

Химический состав стали 45 (ГОСТ 1050-74), %

C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr
0,40-0,5	0,17-0,37	0,50-0,80	Не более 0,045	Не более 0,045	0,30	0,30

Таблица 3.2

Механические свойства стали 45 (ГОСТ 1050-74)

От, МПа	Овр., МПа	σ_s , %	ψ , %	Дж/см ²	НВ	
					Горячекатаной	Отожженной
Не более 360	Не менее 610	Не менее 16	40	50	Не более 241	Не более 197

Кроме того, необходимо сделать заключение о правильности выбора материала для данных условий работы детали в узле

4.2.2 Анализ технологичности конструкции детали

Анализ технологичности конструкции изделия производится с целью повышения производительности труда, снижения затрат и сокращения времени на технологическую подготовку производства. Конструкция изделия может быть признана технологичной, если она обеспечивает простое и экономичное изготовление изделия и отвечает следующим основным требованиям:

1. Конфигурация деталей и их материалы позволяют применять наиболее прогрессивные заготовки, сокращающие объем механической обработки (точное кокильное литье, литье под давлением, объемная штамповка и вытяжка, холодная штамповка различных видов и т. п.).

2. При конструировании изделий используются простые геометрические формы, позволяющие применять высокопроизводительные методы производства. Предусмотрена удобная и надежная технологическая база в процессе обработки.

3. Обоснованы заданные требования к точности размеров и формы детали.

4. Использованы стандартизация и унификация деталей и их элементов.

5. Для снижения объема механической обработки предусмотрены допуски только по размерам посадочных поверхностей.

6. Обеспечена достаточная жесткость детали.

7. Предусмотрена возможность удобного подвода жесткого и высокопроизводительного инструмента к зоне обработки детали.

8. Обеспечен свободный вход и выход инструмента из зоны обработки.

9. Учтена возможность одновременной установки нескольких деталей.

С одной стороны конструкция изделия в значительной мере определяет содержание технологического процесса, его построение (маршрут), структуру операции, применяемые методы обработки, оборудование, оснастку и инструменты. С другой - принятая технология производства предъявляет свои требования к конструкции изделия, ее технологичности.

Оценка технологичности конструкции детали может быть двух видов: качественной и количественной. Качественная оценка предшествует количественной и сводится к определению соответствия конструкции детали вышеуказанным требованиям.

Качественная оценка технологичности конструкции детали определяется словами «хорошо - плохо», «допустимо - недопустимо» или знаками "+", "-".

Если в курсовом проекте не анализируется заводской технологический процесс, то количественную оценку технологичности конструкции детали выполнять не требуется.

Количественную оценку технологичности конструкции детали производят по следующим показателям:

1) по коэффициенту использования материала:

$$\text{Ким.} = M_d / M_z, \text{ где} \quad (3.1)$$

Мд - масса детали по чертежу, кг

Мз - масса материала, расходуемого на изготовление детали, кг;

2) коэффициенту точности обработки детали

$$K_T = T_n / T_o, \quad \text{где} \quad (3.2)$$

T_n - число размеров повышенной степени точности обработки; T_o - общее число размеров, подлежащих обработке;

3) коэффициенту шероховатости поверхностей детали

$$K_{ш} = Ш_n / Ш_o, \quad \text{где} \quad (3.3)$$

$Ш_n$ - число поверхностей детали, повышенной шероховатости, шт;

$Ш_o$ - общее число поверхностей детали, подлежащих обработке, шт.

В результате проведенного анализа должен быть сделан вывод о конструкции в целом: технологична она или нет.

4.2.3 Определение типа производства

Годовая программа выпуска деталей указывается в задании по курсовому проектированию.

Тип производства - это классификационная категория производства, определяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности и объема выпуска изделий. Различают три типа производства: единичное, серийное, массовое (ГОСТ 14.004-83).

Единичное производство характеризуется малым объемом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление которых, как правило, не предусматривается.

Серийное производство характеризуется изготовлением изделий периодически повторяющимися партиями. Серийное производство является основным типом машиностроительного производства и условно подразделяется на крупно-, средне-, и мелкосерийное.

Массовое производство характеризуется большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых в течение продолжительного времени; на большинстве рабочих мест при этом выполняется одна рабочая операция.

Технологические характеристики различных типов производств по преобладающему признаку представлены в табл. 3.3

Таблица 3.3

Технологические характеристики различных типов производства

Характерный признак	Тип производства		
	Единичное	Серийное	Массовое
1	2	3	4
Повторяемость	Отсутствует	Периодическая	Непрерывность выпуска

партий (серий)			одних и тех же деталей (серий машин)
Технологическое оборудование	Универсальное	Универсальное, частично Специализированное и специальное	Специализированное и специальное оборудование и автоматические линии
Приспособления	Преимущественно универсальные (изредка специальные)	Специальные, переналаживаемые	Специальные, часто органически связанные со станком
Режущий инструмент	Универсальный	Универсальный и специальный	Универсальный, специальный и комбинированный. Многоинструментальные наладки
Измерительный инструмент	Универсальный	Универсальный и специальный	Калибры, специальный многомерный инструмент, контрольные приборы
Настройка станка	Станки ненастроенные, работа по пробным промерам	Станки настроенные	Станки сложной настройки, автоматы
Размещение технологического оборудования	По типам станков	По ходу технологических процессов	По ходу технологических процессов

Окончание табл.3.3

1	2	3	4
Виды заготовок	Прокат, литье в земляные формы по деревянным моделям, свободная ковка	Прокат, отливки по металлическим моделям, штамповки	Прокат, машинное литье по металлическим моделям, литье под давлением и другие точные методы литья, штамповки
Применение разметки	Широкое	Ограниченное, лишь для крупных и сложных деталей	Не применяется
Методы достижения точности	Метод индивидуальной пригонки	Метод полной и неполной взаимозаменяемости	Методы полной и селективной взаимозаменяемости
Степень детализации технологических процессов	Простейшие технологические разработки (маршрутные техпроцессы)	Более детальные технологические разработки (маршрутно-операционные и операционные техпроцессы)	Подробные технологические разработки (операционные техпроцессы)
Виды нормирования работ	Укрупненное нормирование	Техническое нормирование серийного производства	Детальное нормирование. Хронометраж операций
Квалификация рабочих	Высокая	Различная	Низкая (при наличии высококвалифицированных наладчиков)
Себестоимость продукции	Высокая	Средняя	Низкая

Таблица 3.4

Зависимость типа производства от объема годового выпуска и массы детали

Масса детали, кг	Объем годового выпуска деталей, шт				
	Тип производства				
	Единичное	Мелкосерийное	Среднесерийное	Крупносерийное	Массовое
<1,0	<10	10-2000	1500-100000	75000-200000	200000
1,0-2,5	<10	10-1000	1000-50000	50000-100000	100000
2,5-5,0	<10	10-500	500-35000	35000-75000	75000
5,0-10	<10	10-300	300-25000	25000-50000	25000
>10	<10	10-200	200-10000	10000-25000	

4.3 Анализ исходных данных для разработки технологического процесса

Исходными данными, согласно заданию, являются рабочий чертеж детали со всеми необходимыми техническими требованиями и годовая программа выпуска деталей.

Анализ рабочего чертежа детали. Выяснив служебное назначение детали в машине (узле) и определив степень ее важности для эксплуатации машины (узла), необходимо провести пробный анализ технических требований на изготовление детали по чертежу. В результате анализа должны быть сформулированы основные технологические задачи, которые требуется решить при обработке детали; при необходимости следует откорректировать рабочий чертеж детали.

Основные технологические задачи включают требования по обеспечению:

- 1) точности размеров - диаметральных, линейных, угловых;
- 2) точности формы - для цилиндрических деталей в продольном и поперечном сечениях (допуски круглости, цилиндричности, профиля продольного сечения) и для плоскостных деталей (допуски прямолинейности и плоскостности).
- 3) точности взаимного расположения поверхности (допуски параллельности, перпендикулярности, соосности, симметричности, пересечения осей и т. п.);

4) качества поверхностного слоя обработанных поверхностей (высота неровностей профиля, твердость, величина, знак и глубина распространения внутренних, остаточных напряжений).

Кроме того, на чертежах могут быть указаны и специальные технические требования: покрытия, термообработка, окраска, подгонка веса и т.п.

По всем этим группам технологических задач необходимо подробно изучить технические требования на изготовление деталей с перечислением наиболее ответственных. В результате формулируются основные технологические задачи, определяющие структуру технологического процесса, применяемое оборудование, оснастку, квалификацию исполнителя, контрольные операции.

Анализируются технические требования - с обязательным выделением наиболее высоких из них. Особое внимание следует обращать на комплексы взаимосвязанных поверхностей. Решению этих задач должны быть подчинены все последующие этапы проектирования технологического процесса изготовления детали.

При технологическом контроле чертежей проверяют, содержит ли чертеж все сведения о детали: необходимые проекций разрезы и сечения, размеры с допусками, требования к точности формы и взаимного расположения, требования к качеству поверхности. В соответствии с ГОСТ 2.107-83 "Основные требования к рабочим чертежам" рабочие чертежи должны содержать все данные, необходимые для изготовления, контроля и испытания изделия. Проверяют правильность простановки размер в соответствии с ГОСТ 2.307-83 "Нанесение размеров и предельных отклонений"

4.4 Разработка технологического процесса обработки детали

Технологический процесс изготовления детали должен соответствовать программе выпуска, типу производства и его организационно-техническим характеристикам.

В соответствии с ГОСТ 14.301-83 технологические процессы подразделяются на три вида: единичный, типовой и групповой.

Технологический процесс изготовления изделий одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от типа производства относится к единичному технологическому процессу.

Технологический процесс изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками называют **типовым** технологическим процессом.

Групповой технологический процесс - это технологически процесс изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками.

Общие правила разработки технологических процессов определены ГОСТ 14.301-83.

Разрабатываемый в курсовом проекте единичный технологический процесс должен быть прогрессивным и обеспечивать выполнение всех требований чертежа и технических условий, повышение производительности труда и качества изделий, сокращение трудовых и материальных затрат на его реализацию, уменьшение вредных воздействий на окружающую среду, а также отличаться оригинальными технологическими решениями.

Имеющиеся типовые и групповые технологические процессы используют как основу для разработки новых технологических процессов, а в случае их отсутствия принимают прогрессивные решения для действующих заводских единичных технологических процессов изготовления аналогичных изделий.

4.4.1 Выбор типового технологического процесса

При разработке технологического процесса обработки заданной детали (при отсутствии заводского техпроцесса) за основу принимают типовые технологические процессы. Для этого определяют класс детали и выбирают соответствующий типовой технологический процесс.

Типизация технологических процессов основана на применении наиболее совершенных методов обработки, обеспечивающих наивысшую производительность и экономичность производств. Типовой технологический процесс разрабатывается для изготовления в конкретных производственных условиях типового представителя группы изделий с общими технологическими признаками. Для этого необходима классификация деталей, поверхностей и их сочетаний.

Основными признаками для классификации деталей являются: форма детали; габаритные размеры; точность и качество обрабатываемых поверхностей; материал детали; объем выпуска и размер партии запуска; общая производственная обстановка.

Основоположником идей типизации является профессор А.П.Соколовский. Он в свое время предложил 15 классов: валы, втулки, диски, эксцентрики, крестовины, рычаги, плиты, стойки, угольники, бабки, зубчатые колеса, фасонные кулачки, ходовые винты и червяки, мелкие крепежные детали.

Класс деталей объединяет совокупность деталей, имеющих одинаковый маршрут операций, которые осуществляются на однородном оборудовании с применением одностипных приспособлений и инструментов. Разработка классификации деталей сочетается с унификацией и нормализацией их конструкций. Это позволяет укрупнить партии деталей, применить при изготовлении более прогрессивную технологию, а также сократить номенклатуру режущих и измерительных инструментов.

В настоящее время созданы технологический классификатор (ЕСТД) и конструкторский классификатор ЕСКД, который включает 49 классов деталей. В соответствии с вышеперечисленными признаками деталь, для которой

требуется разработать технологический процесс, следует отнести к определенному классу.

4.4.2 Анализ заводского технологического процесса обработки детали

Подготовка к выполнению курсового проекта начинается во время прохождения студентами технологической практики и изучения действующих на производстве технологических процессов, возникает необходимость их глубокого анализа с точки зрения обеспечения качества продукции. Следует выяснить, правильно ли он составлен для выполнения требований чертежа и соблюдаются ли все требования технологического процесса в цехе.

Анализ производится по следующим параметрам:

- рациональность метода получения заготовки для данного типа производства;
- соответствие фактических припусков на обработку чертежу заготовки;
- правильность выбора черновых, чистовых и промежуточных баз на операциях техпроцесса, соблюдение единства баз;
- правильность установки последовательности операции процесса для достижения заданной точности деталей;
- соответствие параметров установленного оборудования требованиям данной операции;
- соответствие режимов резания оптимальным;
- степень оснащённости операций;
- применимость высокопроизводительного режущего инструмента и новых марок материалов его режущей части;
- степень концентрации операций;
- правильность разработанного технологического процесса, выбора оборудования и технологической оснастки;
- правильность заполнения технологических карт (МК, ОК, КЭ);
- соблюдение технологического процесса на операциях и качество обработки деталей на производстве.

В заключение должны быть отмечены достоинства и недостатки заводского технологического процесса, а также сформулированы предложения по его улучшению. Результаты анализа необходимо изложить в соответствующем разделе пояснительной записки, так как именно анализ может дать предпосылки для разработки варианта техпроцесса.

При разработке курсового проекта подобного направления перед студентом не ставится задача коренной переработки существующей технологии, если это не диктуется соответствующими особыми условиями, например резким увеличением производственной программы, связанным с изменением типа производства. (Раздел выполняется при выполнении курсового проекта по детали предприятия).

4.4.3 Выбор исходной заготовки и метода ее изготовления

Выбор заготовки для дальнейшей механической обработки является одним из важнейших этапов проектирования технологического процесса изготовления детали. От правильности выбора заготовки, установления ее форм, размеров, припусков на обработку, точности размеров и твердости материала в значительной степени зависят характер и число операций или переходов, трудоемкость изготовления детали, величина расхода материала и инструмента и, в итоге, стоимость изготовления детали. При выборе заготовки необходимо;

- установить способ получения заготовки;
- рассчитать припуски на обработку каждой поверхности;
- рассчитать размеры и указать допуски на заготовку;
- разработать чертеж заготовки.

На выбор заготовки влияют следующие показатели: назначение детали; материал; технические условия; объем выпуска и тип производства; тип и конструкция детали; размеры детали и оборудования, на котором она изготавливается; экономичность изготовления заготовки, выбранной по предыдущим показателям. Все эти показатели должны учитываться одновременно, так как они тесно связаны.

Если в курсовом проекте анализируется базовый технологический процесс, то делается краткий анализ существующего способа получения заготовки на заводе (см. п. 3.4.2), в которое должны быть отражены экономичность способа в условиях завода, качество заготовки, техпроцесс получения заготовки и т. п.

Целесообразно сделать сопоставление двух возможных способов получения заготовки (например, предлагаемого - с существующим на заводе) и выбрать оптимальный.

Наиболее часто в курсовых проектах применяют заготовка из проката, штампованные заготовки и отливки.

Заготовки из проката. Для изготовления деталей методами резания может применяться сортовой и специальный прокат. Сортовой прокат следует использовать в тех случаях, когда профиль детали приближен к профилю проката. Прокат может также применяться в качестве исходных товарных заготовок - болванок под ковку и штамповку.

Простые сортовые профили общего назначения - круглые и квадратные (ГОСТ 2590-71), шестигранные (ГОСТ 2879-69) и полосовые (ГОСТ 103-76)-используют для изготовления гладких ступенчатых валов с небольшим перепадом диаметров ступеней, стаканов диаметром до 50 мм, втулок диаметром до 25 мм, рычагов, клиньев, фланцев.

Фасонные профили общего назначения - сталь угловую равнополочную и неравнополочную (ГОСТ 8509-89 и ГОСТ 8510-72), балки двутавровые (ГОСТ 8239-72) и швеллеры ГОСТ 8240-72) - применяют при изготовлении

металлоконструкций (рам, плит, подставок, кронштейнов).

Трубный прокат - стальной бесшовный холодный, горячекатаный, холодноотянутый (ГОСТ 8732-78; ГОСТ 8734-75) - служит для изготовления цилиндров, втулок, гильз, шпинделей, стаканов, барабанов, роликов, пустотелых валов.

Гнутые профили - U-образные, С-образные и корытообразные (ГОСТ 8278-83; ГОСТ 8281-80; ГОСТ 8283-77) - используют для изготовления опор, кронштейнов, консолей, ребер жесткости.

Горячепрессованные профили сложной формы (пустотелые, полузамкнутые) применяют при изготовлении скоб, направляющих элементов, прижимов.

Периодические профили проката соответствуют изготавливаемым из них деталям.

Профили продольной прокатки (ГОСТ 8319.0-75; ГОСТ КЛ19.13-75 и ГОСТ 8531-78) служат для изготовления балок передних осей автомобилей, лопаток, осей; поперечно-винтовой прокатки (ГОСТ 8320.0-83; ГОСТ 8320.13-83) - для изготовления валов электродвигателей, шпинделей машин, осей рычагов; поперечно-клиновой прокатки - для изготовления валов коробки передач автомобилей, валиков и других деталей типа тел вращения крупносерийного и массового производства; поперечной прокатки (ГОСТ 7524-83) - для изготовления шариков подшипников качения, профилированных трубчатых деталей (втулки).

Точность горячекатаного проката ориентировочно соответствует 12-14-му квалитетам, холодноотянутого - 9- 12-му квалитетам.

Специальный прокат применяется в условиях крупносерийного и массового производства, что позволяет полностью исключить механическую обработку детали.

Для получения заготовок для деталей из проката прутки разрезают на мерные части.

Кованые и штампованные заготовки. Кузнечно-штамповочное производство уступает литейному в возможной сложности конфигурации получаемых деталей, но имеет преимущества в прочности и надежности выпускаемой продукции. Поэтому наиболее ответственные детали машин изготавливают из кованых и штампованных заготовок, так как механические свойства металла выше, чем у литых материалов. Технологический процесс получения заготовок обработкой давлением отличается так же и высокой производительностью.

Обработка давлением обеспечивает получение заготовок с помощьюковки, штамповки и других специальных процессов.

Ковкой получают поковки простой формы до 350 с большими напусками в единичном и мелкосерийном производствах.

Поковки массой до 500-1000 кг получают на паровоздушных молотах, а более крупные - на гидравлических прессах. Припуски и допуски на поковки из углеродистой и легированной стали при ковке на молотах определяют по ГОСТ 7829-79, а для поковок, изготавливаемых ковкой на прессах, по ГОСТ 7062-9.

Главное преимуществоковки состоит в возможности обрабатывать тяжелые слитки стали и получать поковки массой в десятки и сотни тонн, диаметром в несколько метров и длиной в десятки метров.

Ковкой изготавливают колонны, валы-тяги, штанги, шпиндели, прокатные и шестеренчатые валки, ротора генераторов и турбин и др.

В курсовых проектах часто применяются наиболее прогрессивные и производительные способы получения заготовок давлением (штамповкой) в условиях серийного и массового производства.

Характеристика некоторых таких методов приведена в табл. 3.6.

Штамповка на кривошипных прессах в 2-3 раза производительнее по сравнению со штамповкой на молотах; при этом припуски и допуски уменьшаются на 20-35%, расход металла снизится на 10-15%.

Таблица 3.5

**Характеристика основных методов получения заготовок давлением
(углеродистые, легированные стали и специальные сплавы)**

Метод получения заготовок	Размеры или масса		Точность получения заготовок	Параметр шероховатости, Ra, мкм
	Наибольшие	Наименьшие		
Штамповка на молотах и прессах	200 кг	Толщина стенки 2,5 мм	По ГОСТ 7505-89	80-40
Штамповка с последующей чеканкой	100 кг		0,05-0,1 мм	10-25
Штамповка (высадка) на гкм	100 кг	0,1 кг	По ГОСТ 7505-89	80-40
Штамповка выдавливанием	Диаметр до 200 мм	-	0,2-0,5 мм	80-20

Припуски и допуски на поковки, получаемые горячей объемной штамповкой, определяют по ГОСТ 7505-89 в зависимости от массы поковки (не более 250 кг с линейным габаритным размером не более 2500 мм), группы материала, степени сложности, класса точности и шероховатости поверхности детали.

Отливки. Одним из методов получения заготовок в машиностроении

является литье. Преимущество литых заготовок заключается в том, что их можно изготовить максимально приближенными к заданной форме и размерам и практически любой конфигурации.

Отливки применяют для изготовления корпусных и других деталей сложной формы (корпусов, кронштейнов, стоек, фланцев и т.п.). Для получения отливок наиболее широко применяется литье:

- в песчаные формы;
- в кокиль;
- по выплавляемым моделям;
- под давлением;
- в оболочковые формы.

Выбор того или иного метода литья зависит от материала детали, точности размеров и шероховатости поверхностей, от конфигурации, размеров и массы детали, а также от типа производства.

Литье в песчаные формы является наиболее универсальным методом. Однако изготовление формы требует больших затрат времени.

Литье в землю по металлическим моделям при машинной формовке получают отливки массой до 10-15 т при наименьшей толщине стенок 3-8 мм. Параметр шероховатости Ra 20-5.

Литье в оболочковые формы применяют главным образом при получении ответственных фасонных алюминиевых и стальных отливок массой до 100 кг. Параметр шероховатости Ra 20-2,5.

Литье в кокиль экономически целесообразно при величине партии не менее 300-500 шт. для мелких отливок и 30-50 шт. для крупных отливок. Этим способом можно получать отливки массой 0,25-7 т. Параметр шероховатости Ra 20-2,5.

Литье по выплавляемым моделям экономически целесообразно для литых деталей сложной конфигурации из любых сплавов и массой 50-100 кг при партии свыше 1000 шт. Параметр шероховатости Ra 10-2,5.

Литье под давлением применяется в основном для получения фасонных отливок из цинковых* алюминиевых, магниевых и иных сплавов. Способ считается целесообразным при величине в 1000 и более деталей и массе отливки до 100 кг. Параметр шероховатости не более Ra 5.

Центробежное литье может применяться при выполнении заготовок, имеющих форму тел вращения и массу 0,01-3 т. Параметр шероховатости не более Ra 40-10.

Точность отливок в целом характеризуется классом размерной точности (22 класса; с 1-го по 16-й), степенью коробления (11 степеней), степенью точности поверхностей (22 степени), классом точности массы (22 класса; с 1-го по 16-й), (ГОСТ 22645-85).

4.4.4 Выбор технологических баз

Выбор технологических баз в значительной степени определяет точность линейных размеров относительного положения поверхностей, получаемых в процессе обработки, выбор режущих и измерительных инструментов, станочных приспособлений, производительность обработки.

Исходными данными для выбора баз являются: чертеж детали со всеми необходимыми техническими требованиями; вид и точность заготовки; условия расположения и работы детали в машине.

К основным принципам и требованиям, которыми целесообразно руководствоваться при выборе технологических баз, относятся следующие:

- принцип совмещения баз, когда в качестве технологических баз принимаются основные базы, т. е. конструкторские базы, используемые для определения положения детали в изделии. В случае несовпадения технологических и конструкторских баз возникает необходимость пересчета допусков, заданных конструктором, в сторону их уменьшения;
- принцип постоянства баз, когда на всех основных операциях используют одни и те же базы. Для соблюдения этого принципа часто создают базы, не имеющие конструктивного назначения (например, центровые гнезда у валов;
- требование хорошей устойчивости и надежности установки заготовки.

Выбор баз на завершающих операциях техпроцесса. Выбор технологических баз начинается с изучения функций, которые выполняют поверхности детали.

На этой основе по чертежу определяют поверхности, относительно которых задано большинство других поверхностей. На чертежах такие поверхности могут быть указаны в технических требованиях.

Результатом анализа является определение баз на заключительных операциях технологического процесса.

Анализу подвергаются те операции заключительной обработки, которые обеспечивают окончательное получение требуемых размеров и заданное взаимное расположение поверхностей.

После того как конструкторский чертеж детали скорректирован (отработан на технологичность), определены базы заключительных операций техпроцесса и окончательные (технологические) размеры, приступают к определению баз и размеров на остальных операциях, и в первую очередь на 1-й операции.

Выбор баз для первой операции. На 1-й операции в качестве баз применяются обычно черные необработанные поверхности - "черновые базы". В данном случае решается следующий круг вопросов:

- обеспечивается правильность расположения отработанных поверхностей деталей относительно необработанных. Особое внимание следует обращать на поверхности, остающиеся необработанными и связанные размерами с обработанными поверхностями. Если имеются такие поверхности, то именно их следует использовать в качестве баз на этапе 1-й операции;
- осуществляется подготовка технологических баз для дальнейших операций. При этом комплект поверхностей, который будет использоваться в качестве технологической базы на дальнейших операциях, желательно обработать за один у станов;
- •обеспечиваются возможно малые и равномерные припуски, особенно при обработке наиболее точных и ответственных поверхностей деталей, изготавливаемых из отливок и поковок.

Равномерность припусков на обрабатываемых поверхностях позволяет более полно использовать возможности режущего инструмента, повышать производительность и точность обработки. Поэтому, чтобы обеспечить наименьший и равномерный припуск на обрабатываемой поверхности, базирование по этой поверхности применяется не только на первой операции, но и при выполнении таких операций, как бесцентровое шлифование, бесцентровое обтачивание, развертывание качающимися развертками, свободное протягивание и т. п.

Выбор баз на промежуточных операциях. Базы для промежуточных операций (между первой и последней операциями) выбирают с учетом следующих соображений:

1. Необходимо использовать принцип "кратчайшего пути", согласно которому в качестве технологических баз принимают те поверхности, которые связаны с обрабатываемой поверхностью кратчайшей размерной цепью.

2. Нецелесообразно менять базы без достаточных на то оснований, так как переход от одной базы к другой всегда вносит дополнительные ошибки во взаимное расположение поверхностей, обработанных на первой и второй базах. Эта ошибка равна погрешности взаимного расположения баз.

3. Следует переходить при смене баз от менее точной базы к более точной, так как обработка детали на каждом предшествующем этапе подготавливает ее к обработке на последующих этапах и при переходе от одного этапа к другому должна повышаться не только точность размеров и формы, но и точность взаимного расположения.

4. После термообработки необходимо выбирать базы, играющие роль черновых баз. Используя их, следует вводить новые обработанные базы, которыми пользовались ранее. При исправлении базы восстанавливать базирование необходимо таким образом, чтобы новые базы были связаны со старыми более строгими размерами и соотношениями, в противном случае

нарушится вся достигнутая ранее координация поверхностей, что повлечет за собой увеличение операционных припусков.

Следуя вышеизложенным рекомендациям, в курсовом проекте необходимо обосновать выбор технологических баз для всех операций техпроцесса механической обработки детали, показать их на картах эскизов, используя условные обозначения, разработать основные схемы базирования и привести их в ПЗ.

4.4.5 Выбор методов обработки поверхностей заготовок

Выбор методов обработки поверхностей (МОП) зависит от конфигурации детали, ее габаритов, точности и качества обрабатываемых поверхностей, вида принятой заготовки. Необходимое качество поверхностей в машиностроении достигается преимущественно обработкой резанием. В зависимости от технических требований, предъявляемых к детали, и типа производства выбирают один или несколько возможных методов обработки и тип соответствующего оборудования. Выбор конкретного МОП производят с помощью таблиц средней экономической точности различных методов обработки, которые приведены в учебной и справочной литературе.

Обработку поверхностей можно выполнять в один или несколько переходов, на каждом из которых используют свой метод обработки. Если заготовка имеет высокую степень точности, то в ряде случаев обработку можно начинать с чистовых методов.

В тех случаях, когда к точности размеров, связывающих поверхности детали, к качеству этих поверхностей не предъявляется высоких требований, можно ограничиться однократной получистовой и даже черновой обработкой.

Каждый последующий метод обработки одной элементарной поверхности должен быть точнее предыдущего. Точность размера на каждом последующем черновом переходе обработки обычно повышается на один - три квалитета, на каждом последующем чистовом - на один-два квалитета.

Заданная точность поверхности может быть обеспечена, как правило, несколькими вариантами сочетаний методов обработки поверхностей (с различным числом переходов). При прочих равных условиях предпочтительным считается тот вариант, который содержит меньшее число переходов обработки данной поверхности.

Следует стремиться к тому, чтобы в маршрутах обработки различных поверхностей, принадлежащих одной детали, повторяемость методов обработки была максимальной. Это сокращает номенклатуру необходимого режущего инструмента и позволяет проектировать технологический процесс по принципу концентрации операций с максимальным совмещением обработки различных поверхностей, уменьшает число установов, повышает производительность и точность обработки.

При проектировании технологического процесса изготовления детали

нередко совмещают по времени обработку нескольких поверхностей заготовки, что может оказать определяющее влияние на выбор МОП. Поэтому окончательный выбор метода обработки каждой конкретной поверхности производят в комплексе с выбором методов обработки других поверхностей детали.

4.4.6 Составление технологического маршрута обработки детали

На этом этапе решаются следующие задачи: составляется общий план обработки детали, устанавливается последовательность выполнения технологических операций, уточняются методы обработки поверхностей детали и технологические базы, предварительно выбираются средства технологического оснащения, определяется содержание операций.

Технологический маршрут разрабатывают на основе выбранного аналога - типового технологического или заводского (базового) маршрута.

Типовой маршрут является основой проектируемого. При изменении и дополнении типового маршрута руководствуются следующими методическими соображениями: при анализе типового и при проектировании рабочего маршрута необходимо разделить технологический процесс на этапы в соответствии с принципом возрастания точности этапа (т. е. от черновых к чистовым). Различают три укрупненные стадии обработки:

- черновую (обдирочную);
- чистовую;
- отделочную.

В процессе **черновой** обработки снимают основную массу металла и обеспечивают взаимное расположение поверхностей. Эта стадия связана с действием силовых и температурных факторов, что влияет на точность окончательной обработки. После черновой 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 шероховатости особо точных поверхностей.

Следует отметить, что разделение технологического маршрута на три стадии обработки не во всех случаях целесообразно. Например, при обработке детали с повышенными точностью и качеством поверхностей технологический процесс начинается с чистовой и даже с окончательной обработки. Если заготовка жесткая, поверхности небольших размеров могут быть окончательно обработаны в начале техпроцесса.

При разработке технологического маршрута необходимо также учитывать требования к взаимному расположению поверхностей. Если, например, предъявляются высокие требования к соосности поверхностей вращения, следует стремиться к их обработке в одной операции с одной установкой.

В общем случае обработку поверхностей детали рекомендуется производить в следующей последовательности:

1) создать базы для дальнейшей обработки, т. е. обработать поверхности, принятые за базы, используя первые операции технологического маршрута; при этом черновыми базами служат необработанные поверхности;

2) обработать поверхности, где дефекты недопустимы, и поверхности, определяющие контур и габариты детали. На этом этапе следует снимать основную массу металла;

3) определить дальнейшую последовательность обработки поверхностей, руководствуясь системой простановки размеров. Прежде всего, желательно обрабатывать те поверхности, относительно которых координировано большинство других поверхностей;

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

5) учесть 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.;

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

7) обработать легко повреждаемые поверхности (наружные зубчатые или шлицевые поверхности и т. п.);

8) предусмотреть 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 выбрать тип станка, вид инструмента, средства и методы контроля. Наличие сложных поверхностей означает необходимость применения оборудования определенного назначения (зубофрезерного, копировального и т. п.).

Для проведения контрольных операций предусматривается выбор средств технического контроля и измерений.

Контрольно-измерительные средства выбирают в зависимости от точности контролируемого параметра и конструктивных особенностей изделия.

Выбор средств технологического оснащения уточняется при определении содержания разрабатываемых операций.

В курсовом проекте для обработки деталей рекомендуется составить несколько вариантов (два-три) маршрута техпроцесса, сравнить их и выбрать оптимальный. Варианты могут различаться по технологическим базам, последовательности обработки поверхностей и выполнения операций,

применяемому оборудованию (станок), режущему инструменту и др.

Критериями выбора варианта техпроцесса являются:

- обеспечение заданной точности по всем размерам и заданных параметров шероховатости;
- число, сложность и ориентировочная стоимость технологического оборудования и оснастки (режущих инструментов, приспособлений, средств измерений и др.);
- организационно-технические характеристики производства (потребности в производственных площадях, рабочих и др.);
- величины суммарных погрешностей, от которых зависят припуски на обработку.

Рекомендуемые принципы построения технологического маршрута не являются обязательными и требуют творческого подхода в каждом конкретном случае.

4.4.7 Выбор средств технологического оснащения

К средствам технологического оснащения относятся: технологическое оборудование (в том числе контрольное и испытательное); технологическая оснастка (в том числе инструменты и средства контроля); средства механизации и автоматизации технологических процессов.

Выбор технологического оборудования - станков зависит: от метода обработки; возможности обеспечить точность размеров и формы, а также качество поверхности изготавливаемой детали; габаритных размеров заготовок и размеров обработки; мощности, необходимой для резания; производительности и себестоимости в соответствии с типом производства; возможности приобретения и цены станка; степени удобства и безопасности работы станка.

При выборе станков особое внимание следует обратить на использование станков с числовым программным управлением (ЧПУ), являющихся одним из основных средств автоматизации механической обработки в серийном машиностроении.

Станки с ЧПУ применяются при токарных, сверлильных, фрезерных, расточных и других операциях. В настоящее время широкое распространение получают многооперационные станки с ЧПУ для обработки корпусных деталей - обрабатывающие центры (ОЦ). Как правило, в станках такого типа смена инструмента производится автоматически: либо путем поворота револьверной головки, либо при помощи автооператора. На обрабатывающих центрах выполняют фрезерование, сверление, растачивание, резьбонарезание и др.

Применение станков с ЧПУ целесообразно:

- для трудоемких операций;
- если время обработки существенно меньше вспомогательного;
- при производстве сложных деталей малыми партиями;
- при обработке деталей с большим количеством размеров, имеющих

высокие требования к точности;

- при обработке деталей, требующих строгого контроля точности изготовления оснастки;
- когда стоимость оснастки составляет значительную часть стоимости обработки;
- для изделий, период изготовления которых не позволяет использовать обычные методы изготовления оснастки;
- для операций, у которых расходы на контроль составляют часть общей стоимости операции.

Кроме универсальных, специальных и специализированных станков в условиях крупносерийного и массового производства используются высокопроизводительные агрегатные станки и автоматические линии.

При разработке курсового проекта нередко возникает необходимость задействования агрегатных станков, для которых определяют технологическую характеристику на основе разрабатываемого техпроцесса.

Режущий инструмент выбирают с учетом:

- требования максимального применения нормализованного и стандартного инструмента;
 - метода обработки;
 - размеров обрабатываемых поверхностей;
 - точности обработки и качества поверхности;
 - промежуточных размеров и допусков на эти размеры;
 - обрабатываемого материала;
 - стойкости инструмента, его режущих свойств и прочности;
 - стадии обработки (черновая, чистовая, отделочная); типа производства.
- Размеры мерного режущего инструмента (зенкеров, разверток, протяжек и т. д.) определяют исходя из промежуточных размеров обработки, размеры других инструментов (резцов, расточных борштанг и т. д.) - из расчета на прочность и жесткость.

Средства технического контроля выбирают с учетом требований к точности измерений, достоверности контроля, а также его стоимости и трудоемкости, требований по технике безопасности и удобству работы.

При выборе **приспособлений** необходимо учитывать конструкцию изготавливаемой детали, ее размеры, материал, точность, схему базирования, вид технологической операции и организационную форму процесса изготовления.

В случае применения стандартной оснастки рекомендуется пользоваться альбомами типовых конструкций и соответствующими стандартами заданий. При поточной организации производства средства технологического оснащения располагаются в соответствии с последовательностью выполнения операций техпроцесса и специализацией рабочих мест.

4.4.8 Разработка технологических операций обработки детали

При проектировании технологической операции решается комплекс вопросов: уточняется содержание операции, т. е. последовательность и описание переходов; устанавливаются средства технологического оснащения, а также режимы резания; определяются настроечные размеры, нормы времени, точность обработки и разряд работы; подбирается состав СОЖ; разрабатываются операционные эскизы и схемы наладок.

Отдельная технологическая операция проектируется на основе принятого технологического маршрута, схемы базирования и закрепления детали при этой операции, сведений о точности и шероховатости поверхностей после обработки на данной операции, припуске на обработку. При уточнении содержания операции окончательно устанавливается, какие поверхности детали будут обрабатываться в процессе данной операции.

При разработке последовательности и содержания переходов необходимо стремиться к сокращению времени обработки за счет рационального выбора средств технологического оснащения, числа переходов, совмещения основного и вспомогательного времени.

По числу устанавливаемых для обработки заготовок схемы операций делятся на одно- и многоместные, а по числу инструментов - на одно- и многоинструментальные. Последовательная и параллельная работа инструментов при обработке поверхностей заготовки, а также последовательное и параллельное расположение заготовок относительно режущих инструментов определяют схемы операций. Могут быть операции с последовательным, параллельным и последовательно-параллельным выполнением переходов.

От числа устанавливаемых заготовок для одновременной обработки зависит длительность их установки и съема. В отличие от многоместных одноместные схемы обработки исключают совмещение времени на установку и снятие заготовки. При последовательных схемах нельзя совместить переходы в процессы обработки, а при параллельных имеется такая возможность. Основное время, которое принимается в расчете, равно времени наиболее длительного перехода или их сумме.

При проектировании технологических процессов используют два принципиально различных направления: концентрацию операций, т. е. объединение нескольких операций в одну; дифференциацию операций, т. е. расчленение одной операции на несколько простейших.

В единичном, мелкосерийном и иногда в среднесерийном производстве концентрация операций осуществляется на универсальных станках с последовательной обработкой ряда поверхностей у одной детали (последовательная концентрация):

В крупносерийном и массовом производстве концентрация операций осуществляется на многоинструментальных, многошпиндельных, специализированных и агрегатных станках, позволяющих выполнять ряд

операций одновременно с незначительной затратой времени (параллельная концентрация).

Для серийного производства характерен принцип дифференциации операций.

Практически при любом типе производства возможны различные сочетания в схеме построения операций.

В пояснительной записке необходимо привести обоснование применяемых схем и принципов построения операций.

Заполнять технологические карты для каждой операции (ОК и КЭ) следует в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1404-86 и ГОСТ 3.1105-84.

4.5 Технологические расчеты

Для решения технологических задач по обеспечению заданных требований в курсовом проекте необходимо выполнить расчеты следующих параметров: припусков, точности обработки, режимов резания, технических норм времени. Методика выполнения расчетов изложена ниже.

По результатам расчетов требуется внести изменения, если необходимо, в содержание технологических операций, а также записать расчетные данные в маршрутные и операционные карты. Затем следует окончательно оформить операционные карты и карты эскизов.

4.5.1 Расчет припусков

При проектировании технологических процессов механической обработки заготовок необходимо установить оптимальные припуски, которые обеспечили бы заданную точность и качество обрабатываемых поверхностей и экономию материальных ресурсов.

Припуски могут быть общие, операционные и промежуточные.

Промежуточный - припуск, удаляемый при выполнении одного технологического перехода.

Операционный — припуск, удаляемый при выполнении одной технологической операции.

Общий - припуск, который удаляется в процессе механической обработки поверхности для получения заданных чертежом размеров и определяется разностью размеров исходной заготовки и детали. Общий припуск равен сумме операционных (промежуточных) припусков. На припуск устанавливают допуск.

Имеются два основных метода определения припусков на механическую обработку поверхности: расчетно-аналитический и опытно-статистический (табличный).

Расчетно-аналитический метод определения припусков. При этом методе рассчитывают минимальный припуск на основе анализа факторов, влияющих на формирование пропуска, с использованием нормативных материалов.

В курсовом проекте следует выполнить расчет припусков аналитическим способом на одну поверхность, к которой предъявляются высокие требования точности и качества.

Для удобства анализа данные расчета следует представить в виде таблицы (3.6). Данные таблицы используются непосредственно для построения графической схемы расположения общих и межоперационных припусков и допусков.

Таблица 3.6.

Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку поверхности мкм 060K6

Технологические переходы обработки поверхности и вала	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск МКМ	Расчетный размер $D_p, \text{мм}$	Допуск $T, \text{мм}$	Предельный размер, мм		Предельные значения припусков, мм	
	Rz	h	P	E				σ_{min}	σ_{max}	σ_{P}	σ_{P}^*
Заготовка	200	250	223			66,258	2,6	66,3	68,9		
Черновое обтачивание	50	50	134	0	2-2680	60,898	0,3	60,9	61,2	5,4	1,1
Чистовое обтачивание	25	25	89	0	2-234	60,430	0,19	60,43	60,62	0,47	0,58
Черновое шлифование	10	20	45	0	2-139	60,152	0,046	60,152	60,198	0,278	0,422
Чистовое шлифование	5	15		0	2-75	60,002	0,019	60,002	60,021	0,150	0,177
ИТОГО:											

Порядок расчета припусков на обработку:

1. Пользуясь рабочим чертежом и картой технологического процесса, записать в таблицу (см. табл. 3.6) технологические переходы обработки рассчитываемой поверхности в последовательности их выполнения - от заготовки до окончательной обработки.
2. Определить расчетные минимальные припуски Z_{imin} на обработку по всем технологическим переходам по формулам (табл. 3.7).
3. Записать для конечного перехода в графу "Расчетный размер" (см. табл. 3.6) наименьший предельный размер детали по чертежу $A_{\text{mjн}}$ для наружных поверхностей (A_{imax} - для внутренних). Для поверхностей вращения - диаметр

Затем для перехода, предшествующего конечному, определить расчетный размер прибавлением (вычитанием - для внутренних поверхностей) к наименьшему (наибольшему) предельному размеру по чертежу расчетного припуска Z_{imin} по формулам:

- для наружных поверхностей
- для поверхности вращения
- для внутренних поверхностей
- для поверхности вращения

4.В графу «Допуск» записать значения допусков T на заготовку, на чертежный размер детали и на промежуточные размеры в соответствии с квалитетами, получаемыми на технологических переходах.

5.Записать в соответствующую графу наименьшие предельные размеры (D_{min} - для наружных поверхностей вращения) по всем технологическим переходам, округляя их в большую сторону (или в меньшую). Округление производится до того знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода.

6.Определить наибольшие предельные размеры (D_{max} - для наружных поверхностей вращения) прибавлением допуска T к округленному наименьшему предельному размеру.

7.Записать предельные значения припусков Z_{max}^{np} как разность наибольших предельных размеров (или наименьших для внутренних поверхностей) и Z_{min}^{np} как разность наименьших (или наибольших) предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов.

4.5.2 Расчет режимов резания

Режимы резания определяются глубиной резания t , мм; подачей на оборот S_o , мм/об и скоростью резания V , м/мин.

Режимы резания оказывают влияние на точность и качество обработанной поверхности, производительность и себестоимость обработки.

В курсовом проекте необходимо рассчитать для одной из операций:

- глубину, подачу и скорость резания по формулам теории резания;
- суммарную силу резания и эффективную мощность электродвигателя главного привода станка.

На все остальные операции техпроцесса режимы резания назначают по нормативам предприятий или справочникам.

Исходными данными при выборе режимов резания являются;

- 1) сведения о заготовке (вид заготовки, материал и его характеристика, величина припусков, состояние поверхностного слоя);
- 2) характеристика обрабатываемой детали (форма, размеры, допуски на обработку, требования к состоянию поверхностного слоя, к шероховатости);
- 3) параметры режущего инструмента (типоразмер, материал режущей части, геометрические параметры);

4) паспортные данные станков (техническая характеристика),

Таким образом, режим резания устанавливают исходя из особенностей обрабатываемой детали, характеристики режущего инструмента и станка,

В первую очередь устанавливают глубину резания t . При однократной обработке на настроенном станке глубина резания равна припуску. При многократной обработке глубина резания на первом рабочем ходе берется максимальная, на последующем - уменьшается с целью достижения заданной точности. Обычно на черновом этапе удаляется до 70 % припуска, а на чистовые этапы оставляют не более 30 %.

Подача S_0 назначается максимально допустимой. При черновой обработке ее величина ограничивается жесткостью и способом крепления обрабатываемой детали, прочностью и жесткостью инструмента, прочностью механизма подачи станка.

При чистовой обработке S определяется заданной точностью и шероховатостью обработки; величину ее выбирают по нормативам либо рассчитывают в соответствии с указанными параметрами, Найденное значение подачи корректируют по паспорту станка. Скорость резания рассчитывают по формулам теории резания (расчетно-аналитический метод) или устанавливают по нормативам (табличный метод), исходя из условий выполнения обработки. При определении скорости резания ориентируются на среднюю экономическую стойкость инструмента.

По скорости резания определяют частоту вращения шпинделя или число двойных ходов (стола или ползуна). Эти величины согласовывают и корректируют с учетом паспорта станка.

После назначения режимов резания подсчитывают суммарную силу резания и по ней эффективную мощность. Последнюю сравнивают с мощностью станка и окончательно корректируют режимы резания.

Назначение режимов для многоинструментной обработки имеет свои особенности.

Для многоинструментной обработки при назначении режимов резания в зависимости от метода обработки необходимо согласовать работу режущих инструментов, участвующих в выполнении данной технологической операции. При многоинструментной обработке на одношпиндельных или многошпиндельных станках (полуавтоматах) режимы резания назначаются следующим образом. Для каждого инструмента устанавливают глубину резания и подачу так же, как и для одноинструментной обработки,

Для блока режущих инструментов находят наименьшую лимитирующую подачу в соответствии с паспортными данными станка. Далее определяют инструмент, при отдельной работе которого потребовалась бы наименьшая скорость резания. Этот инструмент называется лимитирующим по скорости резания.

Тм - условно-экономическая стойкость лимитирующих инструментов данной наладки, учитывающая число инструментов в наладке, их типы и размеры, равномерность их загрузки и другие факторы.

Значение Тм определяется по нормативным данным.

Для выделенных инструментов, которые могли бы быть лимитирующими, с помощью нормативных данных определяют по стойкости скорость резания (так же, как для одноинструментной обработки). Наименьшая скорость резания будет у лимитирующего инструмента.

При обработке деталей на агрегатных станках расчет режимов резания должен соответствовать технологическим параметрам силовых головок (наибольшему усилию подачи, эффективной мощности и др.) и обеспечивать работу режущих инструментов с заданной стойкостью. Стойкость режущих инструментов принимают примерно равной времени одной рабочей смены. Поэтому рекомендуемые для механической обработки деталей на универсальном оборудовании скорости резания должны быть снижены на 10-30%. При тяжелых условиях резания и малой жесткости системы СПИД можно допустить и большее снижение скорости резания.

Все расчетные, справочные и нормативные параметры режимов резания по всем операциям используются в последующих расчетах технических норм времени. Кроме этого результаты расчета режимов резания заносят также в операционные карты.

4.5.3 Расчет технических норм времени

Под технически обоснованной нормой времени понимается время, необходимое для выполнения заданного объема работы (операции) при определенных организационно-технических условиях.

Норма штучного времени - это норма времени на выполнение объема работы, равного единице нормирования, на выполнение технологической операции.

Технические нормы времени в условиях серийного производства определяется нормой штучно-калькуляционного времени Тшт.к:

$$Тшт.к. = Тшт. + Тп.з. / п, \text{ где} \quad (3.36)$$

Тшт. - штучное время на операцию, мин.;

Тп.з.- подготовительно-заключительное время на партию деталей, мин. Подготовительно-заключительное время - период времени, затрачиваемый на подготовку исполнителей и средств технологического оснащения к выполнению технологической операции и на приведение их в порядок после окончания смены или выполнения этой операции. Это время определяют по нормативам времени, в которые входят наладка средств технологического оснащения; ознакомление с работой (чертеж, карта техпроцесса, инструкции); получение материалов, инструментов. После окончания обработки партии заготовок - сдача изготовленных деталей, снятие со станка технологической

оснастки, приведение в рабочее состояние оборудования. Подготовительно-шлючительное время определяется по нормативам в зависимости от оборудования и характера работ. p - количество деталей в настроечной партии, шт. Норма штучного времени определяется:

$$T_{шт.} = T_o + T_v + T_{доп.}, \text{ где} \quad (3.37)$$

T_o - основное (технологическое) время по операции, рассчитывается по всем переходам обработки (с учетом совмещения переходов) по формуле, соответствующей данной технологической схеме, мин.

T_v - вспомогательное время, устанавливается по нормативам для каждого вспомогательного перехода, которое складывается из:

$T_{ву}$ время на установку и снятие детали, мин.;

$T_{в.п.}$ - время на приемы управления оборудованием, мин.;

$T_{в.к.}$ - время на контроль параметров детали, мин,

$T_{доп.}$ - время на организационное и техническое обслуживание рабочего места, перерывы в работе и отдых, устанавливается 7-14% от оперативного времени ($T_o + T_v$).

Нормирование операции осуществляется в соответствии с выбранными методами обработки.

В курсовом проекте требуется привести аналитический расчет основного времени для одной операции. Для всех остальных операций основное время можно установить по нормативным справочникам.

При многоинструментной параллельной, параллельно-последовательной или последовательной обработке основное время рассчитывается в зависимости от схемы обработки.

Другие составляющие нормы штучного времени для многоинструментной обработки те же, что и для обработки одним инструментом.

Имеются специальные нормативы, по которым устанавливаются режимы резания и определяются отдельные элементы нормы штучного времени при работе на станках с ЧПУ. Использование станков с ЧПУ открывает возможности для многостаночной работы, нормирование которой рассматривается в специальной литературе.

Результаты расчетов технических норм времени необходимо свести в таблицу (табл. 3.11).

Таблица 3.11

Сводная таблица технических норм времени по операциям, мин

Номер и наименование операции	T_o	T_v			$T_{доп.}$	$T_{шт.}$	$T_{п.з.}$	$p, \text{ шт.}$	$T_{шт.к.}$	Разряд работ
		T_u	T_p	T_k						

Разряд выполняемой работы определяется по тарифно-квалификационному справочнику.

4.6 Заключение

Для этого следует сформулировать основные технологические задачи по обеспечению точности и качества обработки детали, которые должны были быть решены в процессе проектирования технологического процесса, а также кратко описать результаты анализа заводского технологического процесса, которые были положены в основу спроектированного технологического процесса. Кроме этого, необходимо дать его характеристику, в которой должны быть отражены:

- тип производства;
 - вид заготовки обрабатываемой детали;
 - методы обработки детали;
 - маршрут обработки (с указанием отличий от базового заводского варианта);
 - технологическое оснащение (с указанием отличий от базового варианта);
- Особое внимание следует уделить оригинальным разработкам.

5 ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

5.1 Подготовка к защите курсового проекта

Для подготовки к защите целесообразно подготовить тезисы доклада. При составлении тезисов необходимо учитывать, что ориентировочное время доклада на защите – 7–10 минут. Структура доклада при защите курсового проекта может быть следующая:

- 1) Представление студента и темы работы.
- 2) Актуальность темы.

- 3) Цель работы и её задачи.
- 4) Предмет исследования.
- 5) Логика построения работы.
- 6) Основные положения и выводы по работе.

Объём 4 – 5 листов текста в формате Word, размер шрифта 14 пунктов, полуторный интервал.

5.2 Защита курсового проекта

Защита имеет своей целью выявление степени раскрытия автором темы работы, самостоятельности и глубины изучения проблемы, обоснованности выводов и предложений.

На защите работы студент должен показать не только знание темы, но и способность к самостоятельному мышлению, умение чётко и ясно излагать свои мысли и выводы.

На защите работы следует выступать с заранее подготовленными тезисами доклада. Желательно, чтобы студент излагал доклад свободно не используя письменный текст. Речь должна быть ясной, грамматически точной, технически грамотной, уверенной. В ходе выступления с докладом следует обратить внимание на правильное произношение слов, особенно технических терминов.

После выступления с докладом преподаватели, принимающие защиту, задают любые вопросы по работе, уточняют полученные выводы и результаты. Ответы на поставленные вопросы должны быть краткими, по существу и состоять, как правило, из двух – трёх предложений. На вопросы следует отвечать уверенно и чётко.

При оценке курсовой работы учитывается как содержание, так и защита работы. Оценка по работе сообщается студенту после защиты.

6 Критерии оценки курсового проекта

6.1 Критерии оценки выполнения курсового проекта

Оценка «5» («отлично»):

- Актуальность темы.
- Тема раскрыта полно, правильно и логично выполнены все расчеты.
- Самостоятельность в процессе выполнения работы.
- Использование различных источников информации; знаний, полученных при изучении других дисциплин.
- Студент способен анализировать и делать выводы.
- Пояснительная записка имеет все необходимые расчеты, схемы и обоснования, выполнена грамотно и аккуратно, соответствует требованиям ЕСТД и ЕСКД.

- Графическая часть соответствует требованиям ЕСКД, имеет необходимый объем и уровень сложности.

Оценка «4» («хорошо»):

- Те же требования к изложению и оформлению курсового проекта (См. «5»), но имеются незначительные неточности в представленных частях курсового проекта.

- Студент не всегда четко отвечает на вопросы преподавателя

Оценка «3» («удовлетворительно»):

- Допускаются ошибки в расчетах.
- Студент плохо ориентируется в зависимостях и связях между отдельными разделами курсового проекта.
- Представленные схемы не отражают работу приспособления.
- Нерационально скомпонованы элементы приспособления.
- Конструктивные решения не учитывают эксплуатационные и экономические требования.
- Графическая часть выполнена с нарушениями требований ЕСКД.

Оценка «2» («неудовлетворительно»):

- Отсутствует необходимый объем документации курсового проекта.
- Конструкция приспособления является нерабочей.

6.2 Критерии оценки защиты курсового проекта

Оценка «5» («отлично»):

- Студент демонстрирует системность и целостность знаний по дисциплине.
- Свободно использует понятия и термины.
- Защита курсового проекта логична, обоснована и убедительна.
- Студент умеет анализировать, обобщать, делать выводы.
- Студент готов к диалогу по теме курсового проекта
- Студент способен к самоанализу и самооценке.

Оценка «4» («хорошо»):

- Те же требования к защите, что и на оценку «5», но студент допускает незначительные ошибки в докладе и ответах на дополнительные вопросы.

Оценка «3» («удовлетворительно»):

- Выступления студента демонстрирует отсутствие системности и целостности знаний по дисциплине.
- Невысокий уровень усвоения и владения понятиями и терминами.
- Студент затрудняется при анализе, не может обобщать и делать самостоятельно выводы.
- Речь технически сформирована слабо.
- Студент не способен к самоанализу и самооценке.

Оценка «2» («неудовлетворительно»):

- Доклад студента свидетельствует о том, что он не ориентируется по теме курсового проекта, не владеет понятиями и терминами.
- Студент не может объяснить принцип работы приспособления.
- На вопросы преподавателя студент либо не отвечает, либо отвечает не верно.

6 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1 Ильянков А.И. Технология машиностроения. Практикум и курсовое проектирование: учеб. пособие для СПО /А.И. Ильянков, В.Ю. Новиков. – 4-е изд., стер. – М.: Академия, 2015. – 432с.
- 2 Сысоев С.К. Технология машиностроения Проектирование технологических процессов; Санкт-Петербург:Лань, 2021. – 352 с
- 3 Самойлова Л.Н. Технологические процессы в машиностроении. Лабораторный практикум; Санкт-Петербург:Лань, 2021. – 156с. : ил.
- 4 Мещерякова В.Б. Изготовление деталей на металлорежущих станках с программным управлением по стадиям технологического процесса: учебник для СПО/ В.Б. Мещерякова. – М.: Академия, 2018. – 320 с.
- 5 Моряков О.С. Оборудование машиностроительного производства: учебник для СПО/О.С. Моряков. – М.: Академия, 2009. – 256с.
- 6 Седель О.Я. Техническое нормирование. Практикум: учеб. пособие для ССО /О.Я. Седель. – Минск: Новое знание, 2010. – 333с.: ил.
- 7 Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х томах. Том1 /Под ред. А.М. Дальского, А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. - М.:Машиностроение, 2003. – 912с.: ил.
- 8 Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х томах Том 2 /Под ред. А.М. Дальского, А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова.- 5-е изд.,испр.- М.: Машиностроение, 2003. – 944с.: ил
- 9 Справочник технолога-машиностроителя в 2-х томах. Том 1 /Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 2014. – 656с.:ил.
- 10 Справочник технолога-машиностроителя в 2-х томах. Том 2 /Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 2014. – 656с.:ил.
- 11 Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих. М.: Машиностроение, 1974. 656 с,
- 12 Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках: В 2 ч. М.:Машиностроение, 1974. 416 с.
- 13 Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места на работы, выполняемые на

металлорежущих станках: Массовое производство. М.гЭкономика, 1988. 366 с.

14 Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ: Серийное производство. М.: Машиностроение, 1974. 136 с.

15 Режимы резания металлов: Справ. / Под ред. Ю. В. Барановского. М.: Машиностроение, 1972. 39 с.

6.1 Электронные издания (электронные ресурсы)

1. Портал «Всё о металлообработке». Режим доступа: <http://met-all.org/>

2. Международный технический информационный журнал «Оборудование и инструмент для профессионалов». Режим доступа: <http://www.informdom.com/>

3. Образовательная платформа Юрайт, электронная библиотека образовательной литературы urait.ru

4. Информационно-справочная служба «ЦентрИнформ» www.infoua.com

5. Интернет-представительство "Компании Авант" www.avantcom.ru

6. Информационно-поисковая система Первый Машиностроительный Портал www.1bm.ru

7. Информационный книжный портал www.infobook.ru

8. Информационно-поисковая система ОВО.RU www.obo.ru

6.2 Дополнительные источники

1. Босинзон М.А. Разработка управляющих программ для станков с числовым программным управлением: учебник / М.А. Босинзон. - 1-е изд. – М.: Академия, 2016

2. Григорьев С.Н. Инструментальная оснастка для станков с ЧПУ: справочник / С.Н. Григорьев, М.В. Кохановский, А.Р. Маслов; под ред. А.Р. Маслова. – М. : Машиностроение, 2006. – 544 с.