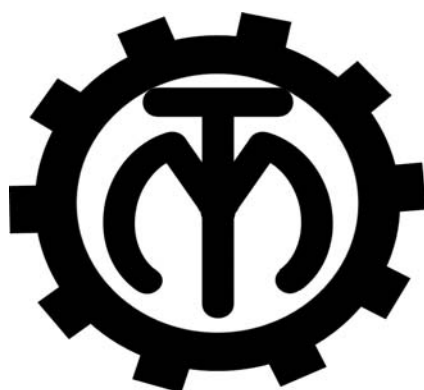


МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

*Методические рекомендации для студентов специальности
6-05-0714-02 «Технология машиностроения,
металлорежущие станки и инструменты»
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2025

УДК 621.9
ББК 34.63
Д46

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «10» января 2025 г.,
протокол № 9

Составители: канд. техн. наук, доц. В. М. Шеменков;
канд. техн. наук, доц. А. М. Федоренко;
Е. Ю. Демиденко; С. П. Шишов

Рецензент Д. М. Свирепа

Методические рекомендации предназначены для студентов специальности 6-05-0714-02 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» очной и заочной форм обучения. Изложена общая методика выполнения всех разделов дипломного проекта, требования к оформлению графической части проекта, пояснительной записки и альбома технологических карт, приведен список научной, справочной и учебной литературы.

Учебное издание

ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Ответственный за выпуск	В. М. Шеменков
Корректор	А. Т. Червинская
Компьютерная верстка	Е. В. Ковалевская

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 46 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2025

Содержание

Введение.....	5
1 Цели и задачи дипломного проектирования.....	6
2 Тематика дипломных проектов.....	6
3 Состав, объем и содержание дипломного проекта.....	8
3.1 Расчетно-пояснительная записка.....	8
3.2 Альбом технологических карт.....	11
3.3 Графическая часть проекта.....	12
4 Методические указания по выполнению разделов дипломного проекта.....	19
4.1 Введение.....	19
4.2 Исходные данные для разработки проекта.....	19
5 Спецвопрос.....	20
5.1 Состояние вопроса.....	20
5.2 Выводы.....	21
6 Технологическое проектирование.....	21
6.1 Назначение и конструкция детали или узла.....	21
6.2 Анализ технологичности конструкции детали (узла)	21
6.3 Выбор метода получения заготовки.....	24
6.4 Анализ базового технологического процесса.....	25
6.5 Принятый технологический процесс.....	25
6.6 Расчет припусков на обработку.....	26
6.7 Расчет режимов резания.....	27
6.8 Расчет точности операций.....	27
6.9 Техническое нормирование.....	28
6.10 Расчет требуемого количества станков.....	28
6.11 Расчет необходимого количества рабочих.....	29
6.12 Расчет производственной площади участка.....	29
6.13 Расчет необходимого количества транспортных средств.....	30
6.14 Планировка участка.....	30
6.15 Автоматизация проектирования.....	30
7 Конструирование и расчет приспособлений и инструментов.....	31
7.1 Станочное приспособление.....	31
7.2 Контрольное приспособление.....	32
7.3 Режущий инструмент.....	32
7.4 Средства механизации и автоматизации.....	33
8 Охрана труда.....	33
9 Организационно-экономическое проектирование.....	33
10 Энерго- и ресурсосбережение.....	33
11 Заключение.....	35
12 Кодирование документов в дипломных проектах.....	35
12.1 Общая структура обозначения.....	35
12.2 Кодирование листов пояснительной записки.....	36
12.3 Система обозначения технологической документации.....	37

13 Отзыв о работе студента над дипломным проектом.....	39
Список литературы.....	40
Приложение А.....	42
Приложение Б.....	44
Приложение В.....	45
Приложение Г.....	45
Приложение Д.....	46
Приложение Е.....	46

Введение

Машиностроение является важнейшей отраслью современного производства, определяющей уровень и темпы развития всех других отраслей промышленности, сельского хозяйства, энергетики, транспорта и др. Быстрое развитие машиностроительного производства настоятельно требует научного и практического разрешения вопросов, связанных с изготовлением машин.

В настоящее время для решения технологических вопросов в машиностроительной промышленности разработаны теоретические основы технологии машиностроения, научно обобщены и развиты прогрессивные методы обработки типовых поверхностей деталей машин, установлены основные принципы проектирования технологических процессов изготовления деталей и сборки машин, в том числе в автоматизированном производстве.

Отличительной особенностью современного этапа развития технологии машиностроения является широкое использование достижений фундаментальных и общинженерных наук для решения теоретических проблем и практических задач технологии машиностроения. Широко распространяются направления применения вычислительной техники и математического моделирования процессов механической обработки деталей и сборки изделий.

Одновременно происходят серьезные изменения в конструкции металлорежущих станков, инструментов и приспособлений, что позволяет значительно увеличить технологические возможности процессов формирования поверхностей деталей за счет укрупнения операций без существенного увеличения вспомогательного времени.

Применение нанотехнологий в производстве режущей части инструмента позволяет довести ее теплостойкость до 1500 °С, что способствует использованию процессов токарной обработки при формировании поверхностей у закаленных и труднообрабатываемых изделий.

Внедрение высокоскоростной обработки дает возможность увеличить в разы скорость резания и довести минутную подачу при формировании стальных деталей до 800...2000 мм/мин.

В последнее время успешно решаются вопросы, связанные с разработкой систем автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП) и широким применением гибких производственных систем (ГПС), роботизированных технологических комплексов (РТК) и другого технологического оборудования, управляемого от ЭВМ, обеспечивающего автоматизацию механической обработки деталей и сборки машин.

Эти и другие новшества в области технологии производства машин позволяют с оптимизмом смотреть в будущее всей машиностроительной отрасли.

В методических рекомендациях изложена общая методика выполнения дипломных проектов студентами специальности 6-05-0714-02 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты».

1 Цели и задачи дипломного проектирования

Дипломный проект является комплексной самостоятельной инженерной работой студентов, которая проходит экспертизу (рецензирование) и защищается перед Государственной экзаменационной комиссией.

Основной задачей дипломного проектирования является совершенствование практических навыков студентов при решении различных инженерных задач на базе знаний, полученных при изучении общинженерных и специальных дисциплин.

Выполнение дипломного проекта позволяет проверить умение студента применять полученные им знания при решении конкретных производственных заданий по разработке прогрессивных технологических процессов, основанных на последних достижениях науки и техники, конструированию режущих и измерительных инструментов, средств механизации и автоматизации, проектированию механосборочных цехов с экономическим обоснованием принятых решений, проведению научно-исследовательских работ и использованию их результатов на производстве, применению вычислительной техники на стадии инженерного проектирования.

Студент должен проявить максимум инициативы и самостоятельности в разработке комплекса вопросов, вытекающих из темы дипломного проекта.

В дипломном проекте не допускается копирование существующего на заводе технологического процесса, конструкций инструментов и приспособлений и т. д., а рекомендуется на основе всестороннего анализа собранного на преддипломной практике материала разработать более совершенный технологический процесс, применить высокопроизводительное оборудование, спроектировать прогрессивные конструкции приспособлений и инструментов.

Качество выполненного проекта определяется глубиной технологических и конструктивных разработок и элементами новизны, вносимыми в дипломный проект.

За принятые в проекте технические решения, за правильность оформления чертежей и качество всех расчетов несет ответственность студент – автор проекта.

2 Тематика дипломных проектов

Тематика дипломных проектов должна быть актуальной и соответствовать современному уровню и перспективам развития науки и техники, а по своему содержанию отвечать задачам подготовки высококвалифицированных специалистов.

В каждом дипломном проекте должен быть решен комплекс взаимосвязанных технологических, конструкторских и организационно-экономических вопросов, а также вопросов обеспечения охраны труда в разработанном технологическом процессе и на производственном участке.

Темами дипломных проектов по технологии машиностроения могут быть:

- проекты механических и автоматизированных участков обработки различных деталей с разработкой техпроцессов их изготовления;
- проекты гибких автоматизированных линий, гибких автоматизированных участков или цехов с разработкой соответствующих техпроцессов;
- проекты механосборочных участков по производству сборочных единиц или машин с разработкой техпроцессов механической обработки и сборки;
- проекты автоматических линий обработки деталей и сборки изделий с разработкой соответствующих техпроцессов;
- проекты участков групповой обработки деталей с разработкой групповых технологических процессов;
- проекты роботизированных участков механосборочного производства с разработкой необходимых техпроцессов;
- проекты, посвященные исследованиям различных объектов (способов обработки, технологического оборудования, инструмента, технологической оснастки, узлов и деталей машин) с разработкой средств оснащения эксперимента и техпроцессов их изготовления.

Перечисленные темы дипломных проектов могут быть выполнены с более или менее развитой исследовательской частью. При этом следует считать наиболее целесообразным, чтобы исследовательская часть проекта служила более полному и аргументированному обоснованию принятых в проекте решений. В качестве таких исследований могут быть предложены следующие:

- исследование показателей эффективности новых технологических процессов изготовления деталей или сборки изделий;
- исследование новых методов обработки деталей;
- исследование точности технологических процессов (отдельных операций), выявление причин появления брака и разработка мероприятий по их устранению;
- исследование методов настройки и регулирования режущих инструментов;
- исследование средств автоматизации и механизации технологических процессов;
- исследование устойчивости технологических процессов по параметрам точности и качества изделий;
- исследование методов и средств повышения качества и эксплуатационной надежности деталей;
- исследование обрабатываемости новых материалов или материалов со специальными свойствами различными методами и инструментами;
- исследование надежности автоматических линий, отдельных станков или систем;
- исследование системы управления станками, способов коррекций погрешностей в станках;
- исследование износа и стойкости новых режущих инструментов;
- разработка и исследование системы технического диагностирования деталей и изделий;

- исследование влияния различных условий обработки деталей на их качество;
- исследование взаимодействия станков и роботов.

Направление исследований, в том числе и не вошедших в данный перечень, а также объем исследовательской части определяет руководитель проекта.

Одним из действенных путей повышения степени реальности дипломных проектов является комплексное дипломное проектирование.

Комплексным считается дипломный проект, разрабатываемый коллективом (группой) из 2–4 студентов. Такой коллектив может достаточно детально разработать полный комплекс технических, организационных и экономических решений, составляющих в совокупности проект современного производственного объекта (цеха, участка, автоматической линии, подсистемы САПР и др.). Тем самым комплексный дипломный проект приобретает законченность и высокую степень реальности. Каждый участник творческого студенческого коллектива в рамках своего дипломного проекта решает ряд частных задач, которые в комплексе обеспечивают более полное и качественное решение общей задачи, представляющей существенный интерес для промышленности. Однако, в любом случае, трудоемкость и содержание работы, выполненной каждым из членов творческого коллектива, должны соответствовать требованиям, предъявляемым к индивидуальному дипломному проекту.

Защита комплексного проекта проводится на одном заседании ГЭК. Все чертежи комплексного проекта вывешиваются одновременно. Каждый член творческого коллектива докладывает и защищает разработанную им часть проекта.

3 Состав, объем и содержание дипломного проекта

3.1 Расчетно-пояснительная записка

Пояснительная записка печатается на принтерных устройствах ЭВМ на листах формата А4 в соответствии с ГОСТ 2.105–95.

Первым листом пояснительной записки является лист, определяющий содержание записки, с основной надписью, выполненной по форме 2 ГОСТ 2.104–2006. Все последующие листы выполняются с основной надписью 2а того же ГОСТа. В графу 2 основной надписи записывается код (обозначение) детали. Порядок кодирования чертежей и пояснительной записки см. в разделе 12.

Слово «Содержание» записывается в виде заголовка (симметрично тексту) с прописной буквы. Наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами, начиная с прописной буквы.

Расстояние от рамки до границ текста в начале и в конце строки – не менее 3 мм. Расстояние от верхней или нижней строки текста, до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10 мм.

Текст записки разделяют на разделы и подразделы. Разделы должны иметь

порядковые номера в пределах всей записки, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацного отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номера раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится.

Разделы и подразделы должны иметь заголовки. Заголовки следует писать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Расстояние между заголовком и текстом должно быть равно 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела составляет 8 мм.

Формулы располагаются в записке на отдельной строке симметрично основному тексту. Расчеты, выполненные по приведенной формуле, располагаются на следующей строке. Промежуточные расчеты не приводятся.

Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснение каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него и без отступа от начала строки.

Пример – Минутная подача S_M , мм/мин, рассчитывается по формуле

$$S_M = S_O \cdot n ,$$

где S_O – подача на оборот детали, мм/об;

n – частота вращения заготовки, мин⁻¹.

Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. Их следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом: Рисунок 2.1 – Эскиз заготовки.

Цифровой материал, как правило, оформляют в виде таблицы в соответствии с рисунком 1.

Таблицы слева и справа, снизу и сверху ограничивают линиями. Линии формата не могут служить линиями таблицы.

Таблицы следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела.

Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице. Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны документа на отдельной странице.

Если строки или графы таблицы выходят за формат страницы, ее делят на части, помещая одну часть под другой или рядом, при этом в каждой части таблицы повторяют ее головку и боковик. При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номером граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки первой части таблицы.

Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, в первой части таблицы нижнюю горизонтальную линию, ограничивающую таблицу, не проводят.

Графу «Номер по порядку» в таблицу включать не допускается.

Слово «Таблица» указывают один раз слева над первой частью таблицы, над другими частями пишут «Продолжение таблицы» с указанием номера таблицы в соответствии с рисунком 1.

Если все показатели в графах таблицы выражены в одной и той же единице физической величины, то ее обозначение необходимо помещать над таблицей справа, а при делении таблицы на части – над каждой ее частью в соответствии с рисунком 1.

Таблица 1 – Химический состав качественных углеродистых конструкционных сталей

В процентах

Марка стали	C	Si	Mn	P	S
20					
25					
30					
35					

Рисунок 1 – Пример оформления таблицы

Текст записки должен быть кратким и ясным. В записке не допускаются исправления и сокращения слов, кроме общепринятых, например ЭВМ, РТК и т. п.

Расчетно-пояснительная записка должна быть иллюстрирована необходимыми эскизами, схемами, графиками, диаграммами, фотографиями под общим названием «Рисунок».

Общий объем записки не должен превышать 80 страниц машинописного или 120 рукописного текста.

Расчетно-пояснительная записка, технологический процесс и графическая часть проекта перед утверждением их заведующим кафедрой проходят нормоконтроль, т. е. проверку соответствия их оформления действующим стандартам. Дипломные проекты, не прошедшие нормоконтроль, не утверждаются и к защите не допускаются.

Содержание расчетно-пояснительной записки должно строиться по следующей примерной схеме:

- введение;
- исходные данные для разработки проекта;

– спецвопрос (если этот вопрос относится к технологическому или конструкторскому разделу, то его можно включать в данные разделы);

- технологическое проектирование;
- конструирование и расчет приспособлений и инструментов;
- охрана труда;
- организационно-экономическое проектирование;
- энерго- и ресурсосбережение;
- заключение;
- литература;
- приложения.

Примерное содержание каждого из разделов пояснительной записки приведено в приложении А.

Расчетно-пояснительная записка представляется на защиту в сшитом виде.

3.2 Альбом технологических карт

В начале альбома помещается титульный лист, а за ним – маршрутная карта единичного операционного технологического процесса (формы 1 и 1б ГОСТ 3.1118–82).

Операционные карты оформляются на все операции технологического процесса механической обработки на бланках (формы 1 и 1а ГОСТ 3.1404–74) операционных карт. Для станков с ЧПУ используются бланки по формам 2, 2а, 3, 4 и 4а по ГОСТ 3.1418–82. Эскиз операции выполняется на операционной карте с местом для эскиза, а при сложной конфигурации детали – на карте эскизов (форма 5 ГОСТ 3.1105–74). Необходимое количество изображений (видов, разрезов, сечений и выносных элементов) на эскизе устанавливается из условия обеспечения ясности изображения обрабатываемой поверхности. На карте эскизов должны быть указаны данные, необходимые для выполнения технологического процесса (размеры, предельные отклонения, обозначения шероховатости поверхности, технические требования и т. д.). Обрабатываемые поверхности изделия следует обводить сплошной линией толщиной, равной $3S$, где S – толщина основной линии. На эскизах все обрабатываемые поверхности нумеруются арабскими цифрами. Условные обозначения опор и зажимов на эскизах обработки выполняются в соответствии с ГОСТ 3.1107–81.

В операционную карту записываются все переходы, установы, позиции и т. д. в порядке последовательности выполнения их в данной операции. Содержание переходов в соответствии с ГОСТ 3.1709–79 записывается глаголом неопределенной формы (например, точить, сверлить, фрезеровать и т. д.). При одновременной обработке нескольких поверхностей данные об этом должны содержаться в тексте перехода, например «сверлить 5 отверстий», «точить поверхности 2, 3, 5 и 6». Допускается указывать в описании перехода характер обработки (например, предварительная, окончательная, одновременная и т. п.).

Карта технического контроля с описанием контролируемых параметров, инструментов контроля и средств, обеспечивающих его выполнение,

оформляется в соответствии с ГОСТ 3.1502–74.

Все графы операционных карт должны быть заполнены, а сами карты подписаны студентом и руководителем (консультантом) проекта.

3.3 Графическая часть проекта

Графическая часть проекта выполняется на 9–10 чертежных листах формата А1. При необходимости в дипломном проекте могут быть использованы дополнительные форматы, размеры которых соответствуют ГОСТ 2.301–68.

В связи с большим разнообразием тем дипломных проектов далее приводится примерный перечень графической части. Конкретный перечень графических материалов определяется руководителем проекта и записывается в задание по дипломному проектированию.

Все сборочные чертежи, представленные в графической части проекта, должны иметь спецификацию, оформленную в соответствии с ГОСТ 2.108–68. Все спецификации подшиваются в расчетно-пояснительную записку в качестве приложений.

В отдельных случаях по сборочным чертежам выполняется детализовка. Это отражается в задании на дипломное проектирование.

3.3.1 Чертежи детали и заготовки выполняются на 1–1,5 листах. Чертежи заготовок, полученных литьем, выполняются совмещенными с чертежом детали. При этом контуры отливки и штриховые линии (в разрезах и сечениях) вычерчиваются красным цветом или тонкой линией. Чертежи заготовок, полученных штамповкой, вычерчиваются отдельно. Внутри штампованной заготовки тонкими линиями показывается контур детали. Заготовки, полученные отрезкой из проката, в графической части проекта не представляются. Технические требования на чертежах детали должны быть тщательно отредактированы и соответствовать ГОСТ 2.316–2008.

3.3.2 Эскизы операционные выполняются на 2 листах. Перечень операций, представленных в графической части, определяет руководитель проекта. Заготовка (деталь) на эскизах изображается в рабочем положении, закрепленной в приспособлении. Количество изображений (видов, разрезов, сечений) должно быть достаточным для четкого представления о форме, размерных связях обрабатываемых поверхностей с другими поверхностями детали, а также о базировании и закреплении изделия в приспособлении.

Заготовка (деталь), приспособление и режущие инструменты на эскизах вычерчиваются в произвольном масштабе, но одном для всех эскизов.

На операционных эскизах обрабатываемые поверхности вычерчиваются сплошными линиями толщиной 3S.

На эскизах должны быть указаны:

- размеры обрабатываемых поверхностей с численными значениями предельных отклонений;
- шероховатость обрабатываемых поверхностей;

- допуски формы и взаимного расположения поверхностей, если они обеспечиваются на данной операции;

- направление движения инструментов и заготовки.

3.3.3 Расчетно-технологическая карта на станке с ЧПУ – 1–3 листа.

На расчетно-технологической карте изображается содержание операции, выполняемой на станке с ЧПУ, как правило, это операция с наибольшим количеством технологических переходов. Не допустимо показывать одну и ту же операцию на расчетно-технологической карте и операционных эскизах графической части.

Разработка расчетно-технологической карты начинается с определения положения нуля детали. За ноль детали можно принять любую точку, но чаще всего принимают точку, расположенную на правом торце детали с координатой X , равной 0 (для токарной обработки) (рисунок 2). Из нуля детали строятся оси системы координат и наносится их обозначение (см. рисунок 2). При выборе нуля детали следует учитывать следующие требования:

- ноль должен, по возможности, находиться на физической поверхности детали – сокращаются затраты времени на наладку;

- ноль должен совпадать с конструкторской базой – тем самым отпадает необходимость в пересчетах размерных цепей;

- ноль должен обеспечивать удобство программирования.

После выбора нуля детали выбирают положение исходной точки – точки, в которой находится инструмент перед началом обработки. Она должна быть выбрана таким образом, чтобы суппорт (шпиндель) и закрепленный инструмент не мешали смене заготовок, но при этом она должна быть как можно ближе к заготовке с целью сокращения затрат времени на холостые ходы. Положение наносится на эскизе с обозначением ее координат (см. рисунок 2).

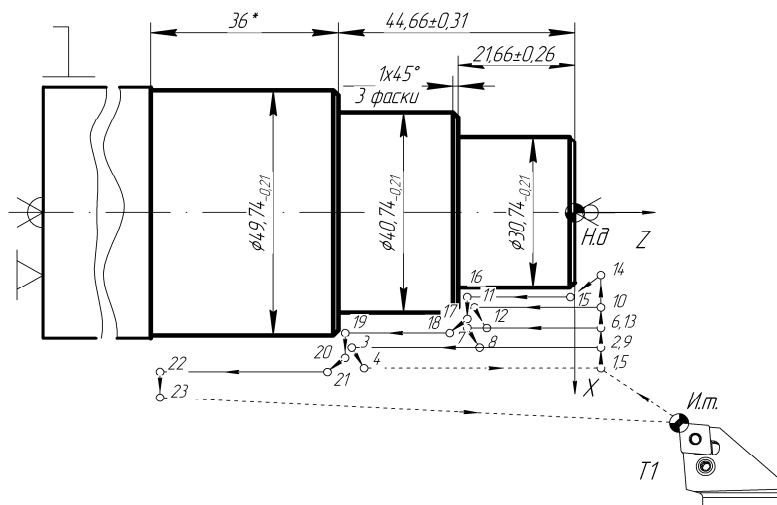
На схеме движения инструментов изображаются траектории движения режущих кромок инструментов, участвующих в обработке заготовки. Сплошными линиями указываются рабочие движения, а пунктирными – холостые. Последовательно расположенные опорные точки, в которых происходит изменение направления движения инструмента, обозначают арабскими цифрами. Цифра соответствует номеру точки. Направление движения указывается стрелкой (см. рисунок 2). Деталь изображается в том состоянии, которое она получает после выполнения данного перехода, выделяются жирной линией обрабатываемые на этом переходе поверхности, наносятся размеры и допуски, соответствующие данному переходу.

Как правило, для каждого инструмента изображается отдельная траектория перемещений инструмента. Допускается при небольшом количестве опорных точек вычерчивать общую схему для нескольких переходов. При построении траектории в обязательном порядке необходимо учитывать следующий момент: начинаться и заканчиваться движение инструмента с рабочей подачей должно на некотором расстоянии от заготовки (запас на врезание и перебег – обычно 0,5...2 мм).

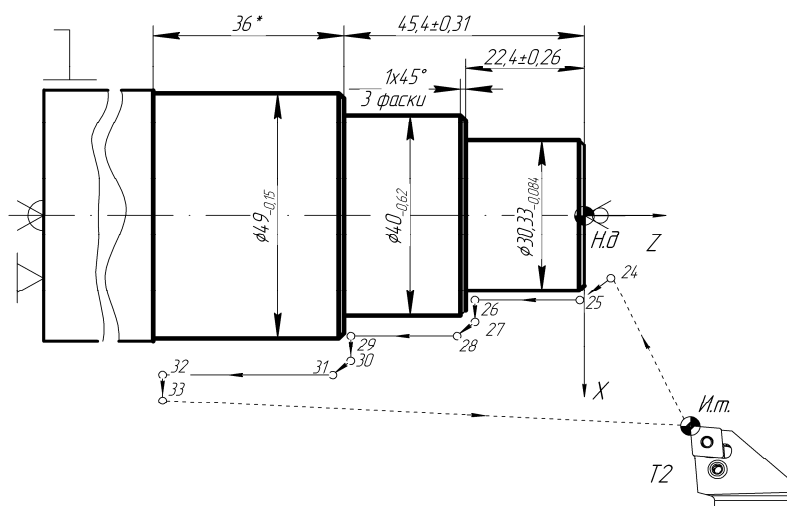
На этом этапе устанавливают также необходимые вспомогательные команды на смену режущего инструмента, изменение частоты вращения шпинделя и

величин подач, включение подачи смазывающе-охлаждающих технических средств (СОТС) в зону обработки и другие технологические команды.

Переход 1



Переход 2



Переход 3

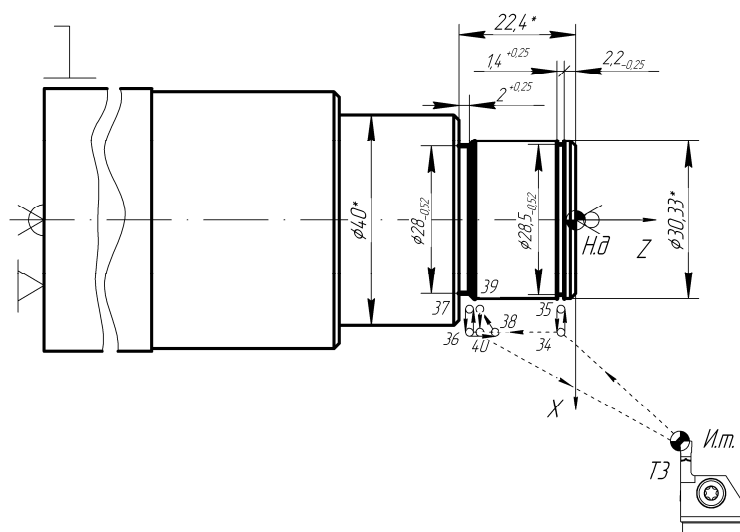


Рисунок 2 – Траектории перемещения инструмента при обработке вала

Проектирование расчетно-технологической карты обязательно сопровождается составлением таблицы координат опорных точек (таблица 1).

Таблица 1 – Координаты опорных точек

Номер опорной точки	X	Z	Номер опорной точки	X	Z	Номер опорной точки	X	Z
И. т.	60	20	28	39,7	–23,4	35	28,24	–3,6
1	53	2	29	39,7	–45,4	36	32	–22,4
23	26	–83	30	46,92	–45,4	37	27,74	–22,4
24	28,29	1	31	48,92	–46,4	38	32	–19,8
25	30,29	–1	32	48,92	–82	39	27,74	–21,8
26	30,29	–22,4	33	53	–82	40	32	–21,8
27	37,7	–22,4	34	32	–3,6			

Допускается на листе расчетно-технологической карты информацию о координатах опорных точек сводить как в одну общую для всех переходов обработки таблицу, так и в виде нескольких таблиц, количество которых должно соответствовать количеству переходов.

Завершается разработка расчетно-технологической карты составлением управляющей программы согласно инструкции по программированию конкретного станка.

Для рассматриваемого примера текст управляющей программы будет выглядеть следующим образом (УЧПУ фирмы «Сименс») (таблица 2).

Таблица 2 – Текст управляющей программы по обработке вала (см. рисунок 2)

Содержание кадра	Комментарий
1	2
T1 D1	Установка чернового резца на обработку
G96 S118 F0.4 LIMS=2000 M3	Назначение черновых режимов резания
G0 X53 Z2	Установка инструмента в точку начала цикла
CYCLE95 (“STR:ENF”, 4, 0, 0, 0.142, 0.142, 0.2, 0.1, 9, 0, 0, 0)	Задание цикла черновой обработки параллельно оси Z в соответствии с профилем от метки STR до метки ENF; черновая обработка с получистовым рабочим ходом; с припуском под последующую чистовую обработку в размере 0,142 мм
G0 X60 Z20	
T3 D1	Установка чистового резца на обработку
G96 S160 F0.5	Назначение чистовых режимов резания
STR: G0 X28.29 Z1	Программирование чистовой обработки по контуру
G1 X30.29 Z-1	
Z-22.4	

Окончание таблицы 2

1	2
X37.7	
X39.7 Z-23.4	
Z-45.4	
X46.92	
X48.92 Z-46.4	
Z-82	
ENF: X53	
G0 X60 Z20	
T5 D1	Установка канавочного резца на обработку
G96 S160 F0.1	Назначение режимов резания для точения канавок
X32 Z-3.6	Обработка первой канавки
G1 X28.24	
G4 F0.5	Пауза для проточки дна канавки
G0 X32	
Z-22.4	Обработка второй канавки
G1 X27.74	
G4 F0.5	
X32	
G0 Z-19.8	
G1 X27.74 Z-21.8	
X32	
G0 X60 Z20 M30	

Текст программы, как правило, приводится на расчетно-технологической карте, а в случае отсутствия свободного места может быть помещен в текст пояснительной записки либо в карту кодирования информации.

3.3.4 Наладка инструментальная – 1 лист.

Чертеж инструментальной наладки оформляется обычно для автоматизированных и многоинструментальных операций (позиций), например, многорезцовых токарных полуавтоматов, агрегатных станков и т. п. Этот чертеж должен разрабатываться как рабочий с изображением детали, режущих инструментов, а также конструкций резцедержателей, оправок и других устройств для установки, закрепления и регулировки требуемого положения инструментов. На чертеже должны быть указаны размеры, определяющие положение инструмента, друг относительно друга, величин рабочего и холостого ходов, подвода и отвода инструмента. На инструментальных наладках агрегатных станков и станков типа «обрабатывающий центр» вспомогательный инструмент показывается в разрезе. Методика проектирования инструментальных наладок приведена в [8].

3.3.5 Приспособление станочное – 1–2 листа.

Общий вид спроектированного приспособления изображается в двух или трех проекциях с разрезами и сечениями, необходимыми для ясного понимания конструкции и действия всех его элементов.

На проекциях и разрезах указываются габаритные размеры, размеры между осями, размеры, определяющие расположение установов, упоров и др. Кроме того, могут быть указаны посадки, определяющие точность обработки, сборки и наладки приспособления. На чертеже даются технические условия на изготовление приспособления (требования к биениям, параллельности, перпендикулярности, соосности и др.).

На чертеже приспособления тонкими линиями изображается деталь в закреплённом положении. При этом она считается прозрачной.

Порядок проектирования и соответствующие методические указания подробно изложены в [3, 5, 9, 10].

3.3.6 Приспособление контрольное – 0,5–1 лист.

Как правило, приспособление проектируется для контроля допусков параллельности, перпендикулярности, симметричности, соосности, торцевого и радиального биений и т. п. Правила оформления см. в п. 3.3.5. В качестве контрольного приспособления могут быть спроектированы сложные шаблоны и калибры, например калибры для контроля допусков расположения системы отверстий.

3.3.7 Режущий инструмент – 0,5–1 лист.

Чертежи режущего инструмента представляют собой общий вид инструмента с размерами, допустимыми отклонениями, шероховатостью поверхностей. Геометрия режущих кромок показывается на общем виде при соответствующих сечениях. Чертежи инструментов должны содержать технические условия на их изготовление. Для сборного инструмента со вставными ножами дается чертеж одного ножа и составляется спецификация всех деталей инструмента. Присоединительные поверхности инструментов должны быть стандартными.

3.3.8 Устройства автоматизации и механизации технологического процесса – 1 лист.

В графической части представляются сборочные чертежи и чертежи общих видов одного или нескольких устройств механизации или автоматизации технологического процесса. Такими устройствами могут быть:

- роботизированный технологический комплекс (РТК);
- устройства для механизации межоперационного транспорта: конвейеры, транспортеры и т. п.;
- автоматические средства активного или пассивного контроля;
- автоматические загрузочные устройства и устройства ориентации: манипуляторы, бункеры, отсекатели, кантователи и т. п.;
- средства механизации подъема и транспортирования тяжелых изделий: пневмо- и гидроподъемники, манипуляторы и т. п.

Все представленные в графической части средства механизации и автоматизации в расчетно-пояснительной записке должны сопровождаться описаниями и расчетами мощности привода, производительности, скорости, точности и т. п. На листах графической части приводятся их технические характеристики.

3.3.9 Патентный поиск – 1 лист.

В графической части вычерчиваются эскизы, схемы, чертежи устройств, выбранных автором проекта для использования в разрабатываемом технологическом процессе в результате проведенных патентных исследований. Все устройства вычерчиваются в произвольном масштабе в том виде, как они представлены в авторских свидетельствах или патентах. Каждое устройство сопровождается надписью, в которую входят название изобретения, страна, номер авторского свидетельства или патента, фамилии и инициалы авторов.

3.3.10 Схемы, графики, диаграммы – 1–3 листа.

Схемы, графики и диаграммы в дипломных проектах с исследовательской частью должны соответствовать ГОСТ 2.319–81.

Исследовательские проекты содержат графическую часть, посвященную результатам исследований до 50 % общего объема графики.

3.3.11 План участка – 1 лист.

Чертеж планировки участка выполняется в масштабе 1:100 на отдельном листе. На планировке изображаются все металлорежущие станки и оборудование, устройства и сооружения, предусмотренные разработанными технологическими процессами, а именно:

- станки и другое производственное оборудование;
- местоположение рабочего у станка;
- площадки для заготовок;
- транспортные и грузоподъемные устройства (манипуляторы, промышленные роботы, транспортеры, конвейеры, рольганги, краны, тали, подъемники и др.);
- места у станков для хранения заготовок и обработанных деталей;
- площадки для контроля продукции и ее временного хранения;
- места подвода эмульсии, воды, пара и т. д., а также места установки противопожарных средств;
- проезды, проходы, ямы, необходимые для производственных и транспортных целей;
- колонны с осями и обозначением номера каждой колонны;
- основные размеры: ширина пролетов, шаг колонн, длина пролетов, ширина поперечных и продольных проходов, расстояния от станков до колонн или стен, расстояния между станками и т. д.;
- все наносимые на план изображения показываются условными обозначениями в установленном масштабе.

4 Методические указания по выполнению разделов дипломного проекта

4.1 Введение

Во введении применительно к теме дипломного проекта рассматриваются перспективы развития промышленности, в том числе и той отрасли, к которой относится тема дипломного проекта, анализируются и обобщаются особенности современного этапа развития технологии машиностроения на основе широкого использования достижений фундаментальных и инженерных наук, применения вычислительной техники, современных технологических систем, промышленных роботов, станков с ЧПУ и т. п.

4.2 Исходные данные для разработки проекта

4.2.1 Исходные данные.

Исходными данными для проектирования являются задание на дипломное проектирование, рабочие чертежи деталей или узла, указанных в задании, технические условия на деталь или узел, годовой объем выпуска, краткая характеристика объекта производства.

4.2.2 Определение типа производства.

Тип производства определяется по коэффициенту закрепления операции (ГОСТ 3.1109–73), который показывает число различных операций, закрепленных в среднем по цеху (участку) за каждым рабочим местом в течение месяца.

При значении коэффициента закрепления операций больше 40 производство будет единичным, при $20 < K_z < 40$ – мелкосерийным, если $10 < K_z < 20$ – среднесерийным и при $1 < K_z < 10$ – крупносерийным.

Для массового производства $K_z = 1$.

После определения типа производства производится расчет размера партии деталей (для серийного производства) или такта выпуска (для массового производства).

На начальной стадии проектирования, когда технологический процесс еще не разработан, тип производства можно определить по массе детали и годовому объему выпуска, пользуясь таблицей 3 [1]. После разработки техпроцесса, определения норм времени, расчета коэффициента загрузки оборудования с учетом его дозагрузки уточняется тип производства по коэффициенту закрепления операций. Деление серийного производства на мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное предварительно можно принять по таблице 4 [1].

Таблица 3 – Выбор производства по годовому выпуску и массе деталей

Тип производства	Годовой объем выпуска деталей, шт.		
	Крупные, 50 кг и выше	Средние, 8...50 кг	Мелкие, до 8 кг
Единичное	До 5	До 10	До 100
Серийное	5...1000	10...5000	100...50000
Массовое	Свыше 1000	Свыше 5000	Свыше 50000

Таблица 4 – Выбор серийности производства

Серийность	Количество деталей в серии (партии)		
	Крупные, 50 кг и выше	Средние, 8...50 кг	Мелкие, до 8 кг
Мелкосерийное	5...10	5...25	10...50
Среднесерийное	11...50	26...200	51...500
Крупносерийное	Свыше 50	Свыше 200	Свыше 500

5 Спецвопрос

5.1 Состояние вопроса

Вместе с основным заданием студенту выдается и дополнительное задание в виде спецвопроса, углубленная разработка которого позволяет ему более обоснованно принимать инженерные решения в дипломном проекте. Спецвопрос может быть конструкторского, технологического, организационного, экономического характера. Чаще всего он представляет собой критический обзор технологических процессов, оборудования, инструментов, методов обработки, применяемых в отечественной и зарубежной промышленности, который составлен на основе изучения литературы, патентов и заводской практики.

Некоторые примеры спецвопросов приведены далее:

- патентные исследования (название объекта исследования);
- особенности обработки деталей на токарных (фрезерных, шлифовальных и т. п.) центрах;
- применение инструментов из сверхтвердых материалов;
- современные методы финишной обработки зубчатых колес;
- прогрессивные конструкции обрабатывающих инструментов;
- применение промышленных роботов в технологических процессах механической обработки;
- особенности технологической подготовки производства для гибких производственных систем (ГПС);
- прогрессивные методы получения заготовок методом литья (штамповки);
- прогрессивная технологическая оснастка в производстве валов (зубчатых колес, корпусных деталей и т. п.);
- технологические методы повышения долговечности деталей машин и др.

Следует иметь в виду, что тема спецвопроса должна быть непосредственно связана с темой дипломного проекта.

5.2 Выводы

Студент должен сделать выводы, вытекающие из проведенного анализа спецвопроса, на основании которых даются предложения об использовании того или иного метода обработки, схемы резания, инструмента или приспособления для технологического процесса изготовления детали, на которую дипломник разрабатывает технологический процесс. Целесообразность принятого решения желательно подкреплять технико-экономическими расчетами.

При проведении патентного поиска новых способов обработки, станков, приспособлений, инструментов и т. д. с целью использования их в проекте автор проекта указывает, по каким группам и классам проведен поиск, вид использованных источников информации и глубину (ретроспективность) осуществленного поиска. В пояснительной записке автор диплома приводит описания и схемы устройств, инструментов и т. д. тех патентов и изобретений, которые он будет использовать в дипломном проекте.

6 Технологическое проектирование

6.1 Назначение и конструкция детали или узла

В данном разделе приводятся краткая характеристика узла, его назначение, роль детали в узле, условия ее работы, конструктивные особенности. Дается анализ точности размеров детали, допусков формы и взаимного расположения поверхностей, других особых требований. Например, «Поверхность $\varnothing 50\text{к}6$ предназначена для монтажа подшипника. Размер этой поверхности обеспечивается по 6-му качеству точности, т. к. подшипник имеет класс точности 0. Во избежание перекоса подшипника во время запрессовки допуском $T = 0,02$ мм ограничено торцовое биение буртиков, прилегающих к этой же поверхности».

В записку помещается эскиз детали с указанием допусков и технических требований, дается таблица химического состава и механических свойств материала детали, указываются режимы термообработки (температура нагрева, среда охлаждения и т. д.). Форма таблиц приведена в [1, 2, 8].

6.2 Анализ технологичности конструкции детали (узла)

Анализ технологичности является важным этапом разработки технологического процесса, от которого зависят его основные технико-экономические показатели. Задачи, решаемые при анализе технологичности конструкции детали, сводятся к уменьшению трудоемкости и металлоемкости,

возможности получения заготовки и обработки детали высокопроизводительными методами.

Анализ технологичности выполняют, как правило, в два этапа: качественный и количественный.

На первом этапе производится качественная оценка формы детали и ее элементов с точки зрения использования прогрессивных методов получения заготовки, удобства и простоты обработки наиболее высокопроизводительными методами, возможности совмещения технологических и измерительных баз при обеспечении точности размеров. Здесь же выявляются нетехнологичные элементы детали и разрабатываются предложения по их изменению. Последовательность выполнения качественного анализа приведена в [1, 2, 8].

Количественная оценка технологичности конструкции детали выполняется в соответствии с ГОСТ 13.331–73, ГОСТ 14.201–73...14.204–73. При этом для расчета коэффициента точности целесообразно составить таблицу точности (таблица 5), в первую строку которой записать все качества точности размеров детали, в том числе и свободных размеров. Точность свободных размеров определяется записью в технических требованиях на чертеже детали: «Общие допуски по ГОСТ 30863.1–2002: $H14, h14, \pm IT14/2$ ». При обозначении на чертеже размеров только с предельными отклонениями (без указания полей допусков и качеств точности) их качества точности устанавливаются по ГОСТ 25347–82 или по таблице 8. Во вторую строку таблицы записывается количество поверхностей, выполненных по соответствующему качеству точности.

Таблица 5 – Точность обработки детали

Квалитет точности IT	6	7	9	10	12	14	15
Количество размеров n	1	3	1	2	4	8	1

$$IT_{cp} = \frac{\sum IT_i n_i}{\sum n_i} = \frac{6 \cdot 1 + 7 \cdot 3 + 9 \cdot 1 + 10 \cdot 2 + 12 \cdot 4 + 14 \cdot 8 + 15 \cdot 1}{1 + 3 + 1 + 2 + 4 + 8 + 1} = 8,75.$$

Для расчета коэффициента шероховатости также целесообразно составить расчетную таблицу (таблица 6), в первую строку которой записываются все значения шероховатости, указанные на чертеже детали, в том числе и значение, указанное в правом верхнем углу чертежа. При этом для перевода параметра Rz в параметр Ra можно использовать таблицу 7.

Таблица 6 – Шероховатость поверхностей детали

Шероховатость Ra , мкм	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5
Количество поверхностей n	2	4	8	3	10

$$Ra_{cp} = \frac{\sum Ra_i n_i}{\sum n_i} = \frac{0,8 \cdot 2 + 1,6 \cdot 4 + 3,2 \cdot 8 + 6,3 \cdot 3 + 12,5 \cdot 10}{2 + 4 + 8 + 3 + 10} = 6,27 \text{ мкм.}$$

Таблица 7 – Параметры шероховатости

Класс шероховатости (старое обозначение)	Ra, мкм		Rz, мкм	
	Диапазон	Предпочтительное значение	Диапазон	Предпочтительное значение
▽1	80; 63; 40	50	320; 250; 200; 160	200
▽2	40; 32; 20	25	160; 125; 100; 80	100
▽3	20; 16; 10	12,5	80; 63; 50; 40	50
▽4	10; 8; 5	6,3	40; 32; 25; 20	25
▽5	5; 4; 2; 5	3,2	20; 16; 12,5; 10	12,5
▽6	2; 5; 2; 1,25	1,6	10; 8; 6,3	6,3
▽7	1,25; 1; 0,63	0,8	6,3; 5; 4; 3,2	3,2
▽8	0,63; 0,5; 0,32	0,4	3,2; 2,5; 2; 1,6	1,6
▽9	0,32; 0,25; 0,16	0,2	1,6; 1,25; 1,0; 0,8	0,8
▽10	0,16; 0,125; 0,08	0,1	0,8; 0,63; 0,5; 0,4	0,4
▽11	0,08; 0,063; 0,04	0,05	0,4; 0,32; 0,25; 0,2	0,2
▽12	0,04; 0,032; 0,02	0,025	0,2; 0,16; 0,125; 0,1	0,1
▽13	0,02; 0,016; 0,01	0,012	0,1; 0,08; 0,063; 0,05	0,05

Таблица 8 – Допуски для размеров от 1 до 500 мм

Интервал номинальных размеров		Квалитет											
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Свыше	До	мкм						мм					
0	3	6	10	14	25	40	60	0,10	0,14	0,25	0,40	0,60	1,00
3	6	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,30	0,48	0,75	1,20
6	10	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,90	1,50
10	18	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,70	1,10	1,80
18	30	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,30	2,10
30	50	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1,00	1,60	2,50
50	80	19	30	46	74	120	190	0,30	0,46	0,74	1,20	1,90	3,00
80	120	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,40	2,20	3,50
120	180	25	40	63	100	160	250	0,40	0,63	1,00	1,60	2,50	4,00
180	250	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,90	4,60
250	315	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,30	2,10	3,20	5,20
315	400	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,40	2,30	3,60	5,70
400	500	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,50	4,00	6,30
500	630	44	70	110	175	280	440	0,70	1,10	1,75	2,80	4,40	7,00

По значениям IT_{cp} и Ra_{cp} рассчитываются коэффициент точности $K_{mч}$ и коэффициент шероховатости $K_{ш}$. Полученные значения сравниваются с базовыми (стандартными) значениями.

$$K_{mч} = 1 - \frac{1}{IT_{cp}}; \quad (1)$$

$$K_{ш} = \frac{1}{Ra_{cp}}. \quad (2)$$

Заканчивается этот раздел выводами с оценкой технологичности детали.

6.3 Выбор метода получения заготовки

Метод получения заготовок для деталей машин определяется ее служебным назначением, конфигурацией, массой, материалом, объемом выпуска и экономичностью изготовления. Выбрать заготовку – это значит установить способ ее получения, определить величины припусков на обработку каждой поверхности и указать допуски на неточность изготовления. При выполнении дипломного проекта следует дать краткий анализ существующего на заводе способа получения заготовки, изучить передовые методы получения аналогичных заготовок на других заводах и предложить наиболее рациональный способ получения заготовки.

Таким образом, в дипломном проекте рассматриваются два метода получения заготовки: базовый (заводской) и проектируемый (предлагаемый автором проекта).

Стоимость заготовки по базовому варианту студент обязан выяснить на заводе во время прохождения преддипломной практики независимо от того, производится она непосредственно на заводе или является покупной.

Стоимость заготовки по проектируемому варианту рассчитывается по методике, изложенной в [1, 2, 8, 32], с учетом цен, действующих на момент расчета. При отсутствии базового варианта в дипломном проекте рассматриваются два возможных варианта получения заготовки и рассчитывается их стоимость по каждому варианту.

Заканчивается данный раздел расчетом экономического эффекта

$$\mathcal{E}_э = (S_1 - S_2)N, \quad (3)$$

где S_1 , S_2 – стоимость заготовки по базовому и проектируемому вариантам соответственно;

N – годовой объем выпуска деталей.

6.4 Анализ базового технологического процесса

Проектирование нового технологического процесса начинается с анализа существующего. Анализ включает рассмотрение построения операций, характера применяемого оборудования, приспособлений, инструментов, средств механизации и автоматизации. Особое внимание уделяется методам базирования, обеспечения точности и технических требований, качества обработанных поверхностей, способов контроля.

Далее, на основе проведенного анализа и выводов раздела «Спецвопрос», даются предложения по изменению существующего технологического процесса исходя из точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей, а также технических требований к детали. Справочная информация для выбора технологий приведена в [29, 30, 31].

6.5 Принятый технологический процесс

При описании принятого технологического процесса нужно обосновать выбор черновых и чистовых установочных баз, уделяя особое внимание принципам единства и совмещения баз. Если принцип постоянства баз не выдерживается, то следует дать обоснование необходимости смены баз. При несовпадении установочных и измерительных баз нужно произвести расчет размерных цепей.

При обосновании нового технологического процесса после выбора заготовки составляется маршрутный технологический процесс, в котором по каждой операции приводятся принятые металлорежущие станки, приспособления, режущие и мерительные инструменты.

Принятый маршрутный технологический процесс оформляется в виде таблицы 9. Таблицу целесообразно расположить вдоль длинной стороны листа.

Таблица 9 – Маршрутный техпроцесс изготовления вала-шестерни 10.00.00.01

Номер, наименование и краткое содержание операций	Модель станка	Режущий инструмент	Технологическая база
005 Фрезерно-центровальная 1 Фрезерование торцов ($\ell = 250$) 2 Сверление центровых отверстий	MP-73	Фреза торцовая $\varnothing 160$; T5K10 Сверло центровочное $\varnothing 6,3$; P6M5	Поверхности заготовки $\varnothing 80$, $\varnothing 90$, торец фланца
010 Токарная с ЧПУ 1 Черновое точение поверхностей $\varnothing 42_{-0,25}$, $\varnothing 56_{-0,3}$, $\varnothing 70_{-0,3}$ 2 Чистовое точение поверхностей $\varnothing 40_{-0,061}$, $\varnothing 42_{-0,074}$ 3 Точение канавки $\varnothing 39 \times 3$	16K20T1	Резец проходной 16x25; T15K6 Резец канавочный T15K6	Центровые отверстия
...	...	...	...

После оформления маршрутного техпроцесса для самой точной поверхности детали рассчитывается необходимое количество операций или переходов по коэффициенту уточнения. Устанавливается необходимое общее уточнение в процессе обработки по формуле

$$\varepsilon_{\text{общ}} = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}}, \quad (4)$$

где $T_{\text{заг}}$ и $T_{\text{дет}}$ – допуски исходной заготовки и готовой детали соответственно.

Затем следует определить количество переходов обработки по формуле

$$n = \frac{\lg \varepsilon_{\text{общ}}}{0,46}. \quad (5)$$

Для условий массового и крупносерийного производства полученное значение, как правило, округляется в большую сторону, а в условиях мелкосерийного и единичного – в меньшую.

Точность обработки на промежуточных стадиях устанавливается на основании зависимости

$$\varepsilon_{\text{обр}} = \prod \varepsilon_i \geq \varepsilon_{\text{общ}}, \quad (6)$$

где $\varepsilon_{\text{обр}}$ – уточнение, достигаемое при выполнении технологического процесса;

ε_i – уточнение, достигаемое в процессе выполнения отдельного технологического перехода.

При разделении общего уточнения на сомножители учитывают, что на первой стадии методы черновой обработки поверхности обеспечивают $\varepsilon_{\text{черн}} < 6$; на второй стадии обработки получистовыми и чистовыми методами – $\varepsilon_{\text{чист}} < 3 \dots 4$; на третьей стадии обработки (обработка с точностью 5–7-го квалитетов) – $\varepsilon_{\text{отд}} < 1,5 \dots 2$; $\varepsilon_1 > \varepsilon_2 > \dots > \varepsilon_i$; а также сведения о точности обработки.

Значения погрешностей размеров, формы и взаимного расположения поверхностей в зависимости от метода обработки приведены в [1, 2, 23].

При несоблюдении условия $\varepsilon_{\text{обр}} \leq \varepsilon_{\text{общ}}$ маршрутный техпроцесс пересматривается, вводятся дополнительные операции или переходы.

На основании таблицы 9 составляются маршрутные карты (МК) в соответствии с ГОСТ 3.1118–82.

6.6 Расчет припусков на обработку

Расчет припусков аналитическим методом производится на две поверхности детали. Методика приведена в [1, 2, 8, 23]. На эти же поверхности

строятся схемы расположения припусков и допусков. На все остальные поверхности припуски выбираются по соответствующим стандартам.

Для поковок по ГОСТ 7505–89 определяются: класс точностиковки – Т; группа стали – М; степень сложности – С; исходный индекс. По исходному индексу определяются припуски, предельные отклонения на размеры заготовки и другие технические требования: радиусы закруглений, штамповочные уклоны, смещения поверхностей разъема, высота заусенца, допустимые значения прямолинейности, плоскостности, соосности, симметричности и другие. Припуски и предельные отклонения литых заготовок назначаются ГОСТ 26645–85.

6.7 Расчет режимов резания

Расчет режимов резания в дипломном проекте выполняется для всех операций технологического процесса. Результаты расчетов помещаются в сводную таблицу режимов резания в расчетно-пояснительной записке (приложение Б) и операционные карты.

В расчетно-пояснительной записке приводятся подробные расчеты режимов резания на четыре разные операции.

На две разнохарактерные операции расчет выполняется по эмпирическим формулам теории резания. Методика расчета и расчетные формулы приведены в [23, гл. 4].

На две другие разнохарактерные операции режимы резания выбираются по нормативам, приводимым в [6, 19, 22].

Выбор режимов резания производится в следующей последовательности: устанавливается глубина резания (с учетом данных расчета припусков), затем – число рабочих ходов, после чего устанавливается подача исходя из заданной точности шероховатости обрабатываемой поверхности. Далее рассчитываются скорость резания и мощность, необходимая для осуществления процесса резания. По мощности резания и габаритам обрабатываемой заготовки выбирается соответствующая модель станка, после чего производится корректировка режимов резания по паспортным данным станка. Принятые режимы резания проверяются по слабому звену механизма подач станка, прочности и жесткости инструмента и заготовки.

6.8 Расчет точности операций

Расчет точности выполняется на одну операцию разработанного технологического процесса, на которой обеспечиваются 6–10-е качества точности. Обработка поверхностей деталей по 11–17-м качествам точности не вызывает затруднений, и поэтому нет необходимости проводить точностные расчеты для таких операций.

В общем случае суммарная погрешность обработки $\Delta_{\text{сум}}$ на данной операции не должна превышать величины допуска на размер T , который обеспечивается на этой же операции, т. е.

$$\Delta_{\text{сум}} < T. \quad (7)$$

Методика расчета суммарной погрешности приведена в [11].

Не рекомендуется расчет точности шлифовальных операций, т. к. они выполняются обычно с использованием средств активного контроля или при периодическом контроле детали до получения необходимого размера.

6.9 Техническое нормирование

Расчет технических норм времени производится на все операции технологического процесса. Для двух разнохарактерных операций приводится подробный расчет норм времени по элементам. Необходимо дать расчет основного времени, вспомогательного времени по элементам для каждого рабочего хода, времени организационного и технического обслуживания рабочего места, времени на отдых.

В крупносерийном и массовом производстве рассчитывается норма штучного времени как

$$t_{\text{шт}} = t_o + t_{\text{в}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{отд}}, \quad (8)$$

где t_o – основное время;

$t_{\text{в}}$ – вспомогательное время;

$t_{\text{обс}}$ – время на обслуживание рабочего места;

$t_{\text{отд}}$ – время на отдых.

В серийном производстве рассчитывается норма штучно-калькуляционного времени как

$$t_{\text{шт-к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{нз}}}{2}. \quad (9)$$

Нормы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места выбираются из [1, 2, 8, 20, 21]. Нормы времени на все операции сводятся в таблицу (приложение В) и записываются в операционные карты техпроцесса.

6.10 Расчет требуемого количества станков

Правильный выбор оборудования и его количества определяет рациональное использование станков во времени. В массовом производстве расчет оборудования на участке (линии) производится по операциям, а в серийном – по типам станков. Расчетные формулы приведены в [6, 10].

По расчетному количеству станков устанавливается их принятое число, рассчитываются коэффициент загрузки каждого типа станка и его среднее значение по участку (линии). Результаты расчетов сводятся в таблицу (приложение Г).

Среднее значение коэффициента загрузки станков обычно принимается в следующих пределах:

- массовое производство $\eta_z = 0,65 \dots 0,77$;
- крупносерийное производство $\eta_z = 0,75 \dots 0,8$;
- среднесерийное производство $\eta_z = 0,8 \dots 0,85$;
- мелкосерийное и единичное производство $\eta_z = 0,8 \dots 0,9$.

Результаты расчетов сводятся в таблицу (см. приложение Г).

При получении в условиях среднесерийного, мелкосерийного и единичного производства коэффициентов загрузки меньших, чем указано ранее, производится дозагрузка станков деталями, имеющими схожие конструктивно-технологические признаки. Расчет необходимого количества станков повторяется с учетом суммарного времени, необходимого для обработки деталей всей номенклатуры. Составляется расчетная таблица (приложение Д), строится график загрузки оборудования.

6.11 Расчет необходимого количества рабочих

Расчет числа основных производственных рабочих (станочников) осуществляется по одному из следующих способов:

- по общему нормировочному времени, потребному на изготовление годового количества изделий;
- по принятому количеству станков (рабочих мест).

Число станочников при многостаночной работе определяется расчетом и составлением циклограмм одновременной работы на нескольких станках.

Разряд работ принимается по «Тарифно-квалификационному справочнику».

Количество вспомогательных рабочих, ИТР и служащих определяется в процентах к численности основных рабочих в организационно-экономической части проекта.

6.12 Расчет производственной площади участка

Производственная площадь участка предварительно рассчитывается по количеству принятых станков и их размерам по формуле

$$F = \sum_{i=1}^n f_i \cdot k_i, \quad (10)$$

где f_i – площадь, занимаемая одним станком (рассчитывается по габаритным размерам станка: длина $\times$ ширина);

k_i – коэффициент, учитывающий дополнительную производственную площадь на проходы, проезды, разрывы между станками и т. д. (принимается по таблице 10);

n – количество принятых станков.

Таблица 10 – Значения коэффициента k

Площадь станка в плане f , м	< 2	2...4	4...6	10...20	> 20
Коэффициент k	4,0	3,5	3,0	2,5	1,5

Расчет производственной площади участка представляется в виде таблицы (приложение Е).

Уточнение общей площади участка производится после разработки планировки.

6.13 Расчет необходимого количества транспортных средств

При выборе внутрицеховых средств (для доставки заготовок на рабочие места и для межоперационной транспортировки) следует учитывать тип производства, габаритные размеры и вес перемещаемых деталей.

На выбранные транспортные средства дается краткая техническая характеристика с указанием грузоподъемности и габаритных размеров. Необходимое количество транспортных средств определяется на основе грузопотока и грузоподъемности этих средств [11]. В данном разделе следует описать специальную тару, применяемую для перемещения деталей и удаления стружки.

6.14 Планировка участка

В пояснительной записке должна быть описана общая компоновка цеха с указанием принципа компоновки участков механических и сборочных, вспомогательных и бытовых помещений, общего направления грузопотока и т. д. Здесь же даются обоснование типа и конструкции здания, этажность производственных и обслуживающих помещений, характер пристройки для бытовых помещений и основные размеры здания (сетка колонн, высота и длина пролетов), конструкции и материалы стен, колонн, перекрытий, тип световых фонарей, способов водоотвода и т. д. После общего описания цеха дается описание планировки проектируемого участка с указанием способа расположения оборудования, направления движения деталей, обеспечивающего кратчайший путь перемещения к рабочим местам, указываются места контроля деталей и узлов, площадок складирования, транспортных средств и т. д.

6.15 Автоматизация проектирования

Данный раздел выполняется в соответствии с заданием консультанта по автоматизированному проектированию и по программам, имеющимся в лаборатории САПР кафедры «Технология машиностроения».

7 Конструирование и расчет приспособлений и инструментов

Конструкторская часть проекта включает чертежи общих видов, расчеты и описания конструкций станочных приспособлений, контрольно-измерительных приспособлений, специального режущего инструмента, устройства по автоматизации или механизации производства.

7.1 Станочное приспособление

Данный раздел в расчетно-пояснительной записке должен иметь конкретное название, например, «7.1 Приспособление сверлильное» и т. п. В общем случае он, как правило, включает следующие подразделы:

- назначение, устройство и принцип действия приспособления;
- силовой расчет приспособления;
- выбор привода приспособления;
- расчет приспособления на прочность;
- расчет приспособления на точность.

В описании назначения, устройства и принципа действия приспособления указывается, для выполнения какой операции оно предназначено, на каком станке устанавливается, из каких узлов (деталей) состоит, как базируется в приспособлении заготовка, как действует приспособление при закреплении (откреплении) заготовки (детали), как устанавливается (выверяется) приспособление на станок. При описании используются позиции сборочного чертежа приспособления.

Силовой расчет приспособления начинается с составления схемы всех действующих на заготовку сил: сил резания, сил закрепления, объемных сил, реакций опор, сил трения. Методика выполнения расчетов приведена в [1, 2, 5, 9, 10, 25].

Конструкция станочного приспособления должна обеспечивать необходимую точность обработки детали и максимальное сокращение вспомогательного времени на установку и закрепление обрабатываемой заготовки. В конструкции приспособления должны быть максимально использованы унифицированные и стандартизированные детали и узлы. Особое внимание при проектировании приспособления следует уделять технике безопасности при использовании приспособления в производстве, а также жесткости и технологичности конструкции.

При проектировании сложной оснастки (многошпиндельная головка, многоместное поворотное приспособление и т. п.) следует выполнить кинематический расчет.

Не допускается перечерчивание заводского приспособления без его существенной переработки.

7.2 Контрольное приспособление

Раздел должен включать следующие подразделы:

- назначение и устройство приспособления;
- порядок (правила) выполнения измерений и обработки результатов;
- расчет приспособления на точность.

В описании назначения и устройства приспособления указывается, для контроля каких размеров, или отклонений формы, или расположения поверхностей детали оно предназначено, из каких узлов (деталей) состоит.

Порядок выполнения измерений включает: описание способа установки измеряемой детали в приспособлении или приспособления на контролируемой детали; порядок выполнения измерений и методику обработки результатов измерений.

Расчет приспособления на точность сопровождается составлением размерных цепей, определением погрешностей промежуточных звеньев и отсчетных устройств, погрешностей базирования и др. В общем случае суммарная погрешность измерения не должна превышать ее допустимой величины, установленной ГОСТ 8.051–81.

Завершается раздел составлением технической характеристики приспособления, которая, как правило, включает следующие показатели:

- предельные габаритные размеры измеряемых деталей;
- предельная масса измеряемых деталей;
- предельные значения измеряемых размеров или отклонений;
- суммарная предельная погрешность измерения;
- погрешность отсчетного устройства, если оно не является стандартным, и др.

В дипломном проекте допускается разработка специальных калибров для контроля цилиндрических и шлицевых поверхностей, шпоночных пазов, калибров расположения, специальных шаблонов и т. д. При этом все расчеты сопровождаются соответствующими схемами расположения полей допусков.

7.3 Режущий инструмент

В дипломном проекте, как правило, разрабатывается конструкция специального режущего инструмента, позволяющего повысить производительность или точность механической обработки детали.

Проектирование режущих инструментов заключается в обосновании выбора их конструкции, материала, геометрии режущей части, расчете основных параметров и т. п.

При разработке сборных режущих инструментов в расчетно-пояснительной записке приводится эскиз режущей части инструмента (резца, пластины, ножа, вставки и т. п.) с обозначением всех его геометрических параметров.

В конструкции специального режущего инструмента следует обеспечивать стандартные размеры присоединяемых поверхностей.

7.4 Средства механизации и автоматизации

В расчетно-пояснительной записке данный раздел должен иметь конкретное название, например «7.4 Роботизированный технологический комплекс», «7.4 Манипулятор-подъемник» и т. д.

Раздел включает в себя в общем случае следующие подразделы:

- назначение и устройство средства автоматизации и механизации;
- расчет основных параметров, например, характеристик привода, рабочих скоростей, грузоподъемности, точности позиционирования, производительности и т. п.

В зависимости от конструкции устройства выполняются кинематический, динамический и другие расчеты.

8 Охрана труда

В данном разделе выявляются опасные и вредные для здоровья операторов факторы, а также источники загрязнения окружающей среды, сопровождающие реализацию разработанного технологического процесса в производственных условиях, анализируются мероприятия по их устранению или уменьшению влияния.

Раздел выполняется по методическим рекомендациям кафедры «Техносферная безопасность».

9 Организационно-экономическое проектирование

Данный раздел состоит, как правило, из следующих подразделов:

- организационная часть проекта;
- экономические расчеты.

Раздел выполняется по методическим указаниям кафедры «Экономика и управление» и [28].

10 Энерго- и ресурсосбережение

Экономия материальных и энергетических ресурсов является важной задачей, которую студент должен решать при работе над дипломным проектом. Решение задачи следует искать в следующих направлениях:

- сокращение расхода металла при получении заготовок деталей;
- сокращение операций механической обработки и, как следствие, количества станков, расхода электрической энергии, сжатого воздуха, смазочно-охлаждающих средств, затрат на содержание производственной площади и т. п.

Применение в дипломном проекте более совершенного и прогрессивного метода получения заготовки позволит изготовить ее с минимальными припусками и обеспечить экономию металла по сравнению с базовым

вариантом технологического процесса. Годовая экономия металла может быть определена по формуле

$$\mathcal{E}_m = (M_1 - M_2)N, \quad (11)$$

где M_1 и M_2 – масса заготовки по базовому и проектируемому вариантам соответственно, кг;

N – годовой выпуск заготовок, шт.

В стоимостном выражении экономия металла составит:

$$C_m = \mathcal{E}_m \cdot C_m, \quad (12)$$

где C_m – цена 1 кг металла, р./кг.

Для расчета экономии электрической энергии необходимо определить годовой расход электроэнергии по всем исключенным операциям из базового техпроцесса и принятым операциям проектируемого техпроцесса.

Годовой расход электроэнергии на одну операцию рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E} = P \cdot \Phi_0 \cdot K_c \cdot K_z, \quad (13)$$

где P – мощность главного привода станка, кВт;

Φ_0 – действительный годовой фонд времени работы станка, ч;

K_c – коэффициент спроса, $K_c = 0,7$;

K_z – коэффициент загрузки станка.

Годовая экономия электроэнергии может быть определена по формуле

$$\mathcal{E}_e = \sum^n \mathcal{E}_i - \sum^m \mathcal{E}_j, \quad (14)$$

где $\sum^n \mathcal{E}_i$ – годовой расход электроэнергии по операциям базового техпроцесса, кВт·ч;

n – число измененных операций базового техпроцесса;

$\sum^m \mathcal{E}_j$ – годовой расход электроэнергии по операциям принятого

техпроцесса, кВт·ч;

m – число операций принятого техпроцесса.

Стоимость сэкономленной электроэнергии определяется по формуле

$$C_e = \mathcal{E}_e \cdot C_e, \quad (15)$$

где C_e – цена за 1 кВт·ч электроэнергии, р./кВт·ч.

Расчет экономии других материальных и энергетических ресурсов в дипломном проекте выполняется по такой же методике.

11 Заключение

В заключении должны содержаться общие выводы по всему проекту, в которых отражаются основные отличия разработанного техпроцесса от базового, применение новых методов обработки, высокопроизводительного оборудования, механизированных приспособлений, прогрессивных конструкций режущих инструментов и т. п., перечисляются мероприятия, за счет которых получен годовой экономический эффект.

12 Кодирование документов в дипломных проектах

12.1 Общая структура обозначения

Общая структура обозначения чертежей представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Общая структура обозначения чертежей

ДП.	000/	00.	00.	00.	000	Д00
Дипломный проект	Последние три цифры зачетной книжки	Год выполнения дипломного проекта	Номер чертежа	Номер сборочной единицы, входящей в сборочный узел (если есть)	Номер детали (позиции)	Номер документа

Год выполнения дипломного проекта присваивается следующим образом. Например, год выпуска 2025, в шифр записывается две последние цифры – 25.

Номера чертежей присваиваются в следующем порядке:

– от 1 до 5 – чертежи деталей, если в дипломном проекте студент не вычерчивает чертеж сборочного узла, в который входит данная деталь (детали). Если сборочный чертеж есть, то номеру чертежа детали присваивается номер чертежа сборочного узла от 71 до 79;

– от 6 до 9 – чертежи заготовок;

– от 11 до 19 – чертежи операционных эскизов;

– от 21 до 29 – сборочные чертежи приспособлений;

– от 31 до 39 – сборочные чертежи контрольных приспособлений;

– от 41 до 49 – чертежи инструментов;

– от 51 до 59 – чертежи средств механизации и автоматизации (РТК, схваты, транспортеры и т. п.);

– от 61 до 69 – чертежи инструментальных наладок, технологических карт;

– от 71 до 79 – чертежи сборочных единиц и узлов;

– 81 – чертеж плана участка;

– от 82 до 89 – схемы, графики, диаграммы;

– от 91 до 99 – чертежи патентов.

Номер детали (позиции) указывается только для чертежей деталей, входящих в сборочный узел согласно номеру по спецификации к сборочному чертежу узла.

Номер документа Д1, Д2, Д3...Д10 и т. д. присваивается согласно порядковому номеру перечня графического материала в листе «Задание по дипломному проектированию» в разделе 5. Например, для перечня, приведенного далее, рассмотрим полное кодирование всех чертежей, приведенное в таблице 12 (три последние цифры зачетной книжки приняли 254).

12.2 Кодирование листов пояснительной записки

На листах пояснительной записки записывается код чертежа детали без номера документа с буквами ПЗ. Например, **ДП.254/25.71.00.001 ПЗ** или **ДП.254/25.01.00.000 ПЗ**. Этот же код записывается на титульном листе.

Таблица 12 – Примеры кодирования чертежей

Наименование чертежа	Кодирование чертежа	Примечание
Вал	ДП.254/25.71.00.001 Д1	При наличии сборочного чертежа, куда входит данная деталь
	ДП.254/25.01.00.000 Д1	При отсутствии сборочного чертежа, куда входит данная деталь
Втулка Фланец Стакан	ДП.254/25.01.00.000 Д1 ДП.254/25.02.00.000 Д1 ДП.254/25.03.00.000 Д1	При разработке группового техпроцесса на ряд деталей и отсутствии сборочного чертежа
Вал поковка	ДП.254/25.06.00.000 Д2	Чертеж заготовки
Эскизы операционные (2 листа по механообработке и 2 листа по сборке узла)	ДП.254/25.11.00.000 Д3 ДП.254/25.12.00.000 Д3 ДП.254/25.13.00.000 Д3 ДП.254/25.14.00.000 Д3	Каждый лист имеет основную надпись с размерами 185 × 55 мм
Приспособление фрезерное Сборочный чертеж	ДП.254/25.21.00.000 Д4 СБ	
Приспособление для контроля параллельности и симметричности сторон паза Сборочный чертеж	ДП.254/25.31.00.000 Д5 СБ	
Редуктор Сборочный чертеж	ДП.254/25.71.00.000 Д6 СБ	
Схема сборки редуктора	ДП.254/25.82.00.000 Д7	
Размерный анализ редуктора	ДП.254/25.83.00.000 Д8	
Технико-экономические показатели проекта	ДП.254/25.84.00.000 Д9	Выполнять с рамкой и основной надписью не обязательно

12.3 Система обозначения технологической документации

Общая структура обозначения в соответствии с ГОСТ 3.1201–85 представлена в таблице 13.

Таблица 13 – Общая структура обозначения технологической документации

Код организации разработчика	Вид технологической документации	Вид технологического процесса по организации	Вид технологического процесса по методу выполнения	Порядковый регистрационный номер
БРУ	ХХ	Х	ХХ	XXXXX

Код организации разработчика

БРУ.

Вид технологической документации

01 – комплект технологических документов;

10 – маршрутная карта;

20 – карта эскизов;

60 – операционная карта;

62 – карта наладки;

67 – карта кодирования информации.

Вид технологического процесса по организации

1 – единичный процесс (операция);

2 – типовой процесс (операция);

3 – групповой процесс (операция).

Вид технологического процесса по методу выполнения

00 – без указания;

01 – общего назначения;

02, 03 – технический контроль;

04 – перемещение;

06, 07 – испытания;

08 – консервация и упаковывание;

21 – обработка давлением;

41 – обработка резанием на станках: токарных универсальных, резьбонарезных, шлифовальных, зубообрабатывающих, строгальных, долбежных, протяжных, отделочных, агрегатных;

42 – обработка резанием на станках: сверлильных, расточных, фрезерных, отрезных, с ЧПУ;

50, 51 – термообработка;

71 – получение покрытия (металлического, неметаллического, неорганического);

88 – сборка;

90, 91 – сварка.

Примеры обозначения карт, входящих в комплект технологической документации, представлены в таблице 14.

Таблица 14 — Примеры обозначения карт, входящих в комплект документов на технологический процесс механической обработки и сборки

Наименование карты, входящей в комплект технологической документации	Кодированное обозначение	Примечание
Технологический процесс механической обработки		
Титульный лист к комплекту технологической документации	БРУ 01 1 00.00001	При разработке техпроцесса для одной детали
	БРУ 01 3 00.00001	При разработке группового техпроцесса для нескольких деталей
Маршрутная карта (МК)	БРУ 10 1 00.00001	Для техпроцесса на одну деталь
	БРУ 10 3 00.00001	Для группового техпроцесса
Карты эскизов (КЭ) операция 05 операция 10 операция 15	БРУ 20 1 41.00001	Обработка на станках: токарных универсальных, долбежных, резьбонарезных, строгальных, шлифовальных, протяжных, агрегатных зубообрабатывающих, отделочных
	БРУ 20 1 42.00002 БРУ 20 1 42.00003 и т. д.	Обработка на станках: сверлильных, расточных, фрезерных, отрезных, с ЧПУ
Операционные карты (ОК) операция 05 операция 10 операция 15	БРУ 60 1 41.00001	Обработка на станках: токарных универсальных, долбежных, резьбонарезных, строгальных, шлифовальных, протяжных, агрегатных зубообрабатывающих, отделочных
	БРУ 60 1 42.00002 БРУ 60 1 42.00003 и т. д.	Обработка на станках: сверлильных, расточных, фрезерных, отрезных, с ЧПУ
Карта эскизов (КЭ) для контрольной операции	БРУ 20 1 02.00001	
Карта контроля (КК)	БРУ 60 1 02.00001	
Карта наладки	БРУ 67 1 42.00001	
Карта кодирования информации	БРУ 62 1 42.00001	
Технологический процесс сборки		
Титульный лист к комплекту технологической документации	БРУ 01 1 88.00001	
Маршрутная карта (МК)	БРУ 10 1 88.00001	
Операционные карты (ОК) операция 05 операция 10 операция 15	БРУ 60 1 88.00001	
	БРУ 60 1 88.00002	
	БРУ 60 1 88.00003	
	и т. д.	

Комплект документов (все карты) складывается в последовательности, указанной в таблице 14 (первый столбец), и подшивается после пояснительной записки в приложение В.

13 Отзыв о работе студента над дипломным проектом

Отзыв о работе студента над дипломным проектом готовит руководитель проекта.

Отзыв вместе с другими документами представляется перед защитой дипломного проекта в Государственную экзаменационную комиссию.

В отзыве должны быть отражены следующие вопросы:

- тема дипломного проекта и его объем;
- соответствие выполненного дипломного проекта заданию на дипломное проектирование;
- соответствие оформления дипломного проекта требованиям действующих стандартов;
- ритмичность выполнения графика дипломного проектирования;
- самостоятельность и инициатива студента при решении вопросов дипломного проектирования;
- умение автора диплома критически оценить и использовать данные технической и патентной литературы, а также заводские материалы;
- глубина проработки и оригинальность решения отдельных частей проекта;
- умение студента творчески решать технические задачи, связанные с дипломным проектированием;
- применение в проекте современных прогрессивных технологических процессов, оборудования, приспособлений и т. п.;
- реальность проекта, возможность использования его на производстве.

В заключении отзыва отмечается, готов или не готов студент к самостоятельной работе, заслуживает или не заслуживает он присвоения квалификации инженера, оценивается проект по десятибалльной системе.

Список литературы

- 1 **Пашкевич, М. Ф.** Технология машиностроения. Курсовое и дипломное проектирование / М. Ф. Пашкевич, А. А. Жолобов, В. И. Аверченков; под общ. ред. А. А. Жолобова, В. И. Аверченкова. – Старый Оскол : ТНТ, 2018. – 444 с.
- 2 **Пашкевич, М. Ф.** Технология машиностроения. Курсовое и дипломное проектирование / М. Ф. Пашкевич, А. А. Жолобов, В. К. Шелег; под ред. М. Ф. Пашкевича. – Минск : Изд-во Гревцова, 2010. – 399 с.
- 3 **Антонюк, В. Е.** Конструктору станочных приспособлений : справочное пособие / В. Е. Антонюк. – Минск : Беларусь, 1991. – 400 с.
- 4 **Филонов, И. П.** Проектирование технологических процессов в машиностроении / И. П. Филонов, Г. Я. Беляев, Л. М. Кожуро; под ред. И. П. Филонова. – Минск : Технопринт, 2003. – 540 с.
- 5 Технологическая оснастка / М. Ф. Пашкевич, Ж. А. Мрочек, Л. М. Кожуро [и др.]. – Минск : Адукацыя і мастацтва, 2002. – 320 с.
- 6 **Белькевич, В. А.** Справочное пособие технолога машиностроительного завода / В. А. Белькевич, В. Д. Тимашков. – Минск : Беларусь, 1972. – 640 с.
- 7 **Балабанов, А. Н.** Краткий справочник технолога-машиностроителя / А. Н. Балабанов. – М. : Изд-во стандартов, 1992. – 480 с.
- 8 **Горбацевич, А. Ф.** Курсовое проектирования по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – Минск : Выш. шк., 1983. – 256 с.
- 9 **Горохов, В. А.** Проектирование и расчет приспособлений / В. А. Горохов. – Минск : Выш. шк., 1986. – 240 с.
- 10 **Горошкин, А. К.** Приспособление для металлорежущих станков : справочник / А. К. Горошкин. – М. : Машиностроение, 1979. – 303 с.
- 11 Дипломное проектирование по технологии машиностроения / под ред. В. В. Бабука. – Минск : Выш. шк., 1979. – 464 с.
- 12 **Жолобов, А. А.** Технология автоматизированного производства / А. А. Жолобов. – Минск : Дизайн ПРО, 2000. – 624 с.
- 13 **Козырев, Ю. Г.** Промышленные роботы: справочник / Ю. Г. Козырев. – М. : Машиностроение, 1988. – 376 с.
- 14 **Кузнецов, Ю. И.** Оснастка для станков с ЧПУ: справочник / Ю. И. Кузнецов, А. Р. Маслов, А. Н. Байков. – М. : Машиностроение, 1990. – 512 с.
- 15 **Мамаев, В. С.** Основа проектирования машиностроительных заводов / В. С. Мамаев, Е. Г. Осипов. – М. : Машиностроение, 1974. – 290 с. : ил.
- 16 **Мансуров, А. П.** Технология горячей штамповки / А. П. Мансуров. – М. : Машиностроение, 1971. – 316 с.
- 17 **Маталин, А. А.** Технология механической обработки / А. А. Маталин. – Л. : Машиностроение, 1977. – 464 с. : ил.
- 18 **Матвеев, В. В.** Проектирование экономических технологических процессов в машиностроении / В. В. Матвеев, Ф. М. Бойко, Ю. Н. Свиридов. – М. : Машиностроение, 1979. – 276 с.

19 Обработка металлов резанием : справочник технолога / под ред. А. А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988. – 736 с.

20 Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования. Серийное производство. – М. : Машиностроение, 1974. – 312 с.

21 Общемашиностроительные нормативы времени на слесарно-сборочные и слесарные работы по сборке машин. Массовое и крупносерийное производство. – М. : Машиностроение, 1973. – 404 с.

22 Режимы резания металлов : справочник / под ред. Ю. Б. Барановского. – М. : Машиностроение, 1972. – 408 с.

23 Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – Т. 1. – 656 с.

24 Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – Т. 2. – 496 с.

25 Станочные приспособления : справочник: в 2 т. / под ред. Б. А. Вардашкина, А. А. Шатилова. – М. : Машиностроение, 1984.

26 Технологичность конструкций изделий: справочник / под ред. Ю. О. Амирова. – М. : Машиностроение, 1985. – 416 с.

27 Точность и производственный контроль в машиностроении: справочник / Под ред. А. К. Кутая, В. М. Сорочкина. – Л. : Машиностроение, 1983. – 368 с.

28 **Жолобов, А. А.** Экономика и организация машиностроительного производства. Дипломное проектирование / А. А. Жолобов, А. Г. Барановский, В. Т. Высоцкий ; под ред. А. А. Жолобова. – Минск : РИВШ, 2021. – 320 с.

29 **Жолобов, А. А.** Технология машиностроения: учеб. пособие: в 2 ч. Ч. 1 : Формообразование деталей и сборка узлов машин / А. А. Жолобов, А. М. Федоренко. – Минск : РИВШ, 2020. – 520 с. : ил.

30 **Жолобов, А. А.** Технология машиностроения: учеб. пособие: в 2 ч. Ч. 2 : Высокоэффективные технологии и оборудование современных производств / А. А. Жолобов, А. М. Федоренко, М. Н. Миронова ; под ред. А. А. Жолобова. – Минск : РИВШ, 2020. – 480 с. : ил.

31 **Жолобов, А. А.** Практикум по технологии машиностроения: учеб. пособие / А. А. Жолобов, И. Д. Камчицкая, А. М. Федоренко. – Минск : РИВШ, 2020. – 316 с.

32 **Минаков, А. П.** Проектирование и производство заготовок: учеб. пособие / А. П. Минаков, И. Д. Камчицкая, Е. В. Ильюшина. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2017. – 326 с. : ил.

33 Технология машиностроения. Выпускная квалификационная работа бакалавра : учеб. пособие / А. М. Зинченко, С. Н. Кучма, С. Ю. Стародубов [и др.]. – М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. – 256 с.

Приложение А (рекомендуемое)

Примерное содержание расчетно-пояснительной записки (для проектов, не имеющих исследовательской части).

Введение.

1 Исходные данные для разработки проекта.

1.1 Исходные данные.

1.2 Определение типа производства.

2 Спецвопрос (наименование вопроса).

2.1 Состояние вопроса.

2.2 Выводы.

3 Технологическое проектирование.

3.1 Назначение и конструкция детали.

3.2 Анализ технологичности конструкции детали.

3.3 Выбор метода получения заготовки.

3.4 Анализ базового технологического процесса.

3.5 Принятый технологический процесс.

3.6 Расчет припусков на обработку.

3.7 Расчет режимов резания.

3.7.1 Расчет режимов резания аналитическим методом.

3.7.2 Расчет режимов резания по нормативам.

3.8 Расчет точности операции.

3.9 Техническое нормирование.

3.10 Расчет требуемого количества станков.

3.11 Расчет необходимого количества рабочих.

3.12 Расчет производственной площади участка.

3.13 Расчет необходимого количества транспортных средств.

3.14 Планировка участка.

3.15 Автоматизация проектирования.

4 Конструирование и расчет приспособлений и инструментов.

4.1 Станочное приспособление (конкретное название приспособления).

4.1.1 Назначение и устройство приспособления.

4.1.2 Расчет привода приспособления.

4.1.3 Расчет приспособления на прочность.

4.1.4 Расчет приспособления на точность.

4.2 Контрольное приспособление (конкретное название).

4.2.1 Название и устройство приспособления.

4.2.2 Порядок выполнения измерений и обработки результатов.

4.2.3 Расчет приспособления на точность.

4.3 Режущий инструмент (конкретное название).

4.4 Средства механизации и автоматизации (конкретное название).

4.4.1 Назначение и устройство.

4.4.2 Расчет (кинематический, динамический и т. п.).

5 Охрана труда (подразделы по методическим рекомендациям кафедры «Техносферная безопасность»).

6 Организационно-экономическое проектирование.

6.1 Организационная часть (конкретное название вопроса).

6.2 Обоснование эффективности технологического процесса (подразделы по методическим рекомендациям кафедры «Экономика и управление»).

7 Энерго- и ресурсосбережение.

Заключение.

Список литературы.

Приложения.

Приложение Б (обязательное)

Таблица Б.1 – Сводная таблица режимов резания

Номер операции	Наименование операции, перехода	Глубина резания t , мм	Длина резания $L_{рез}$, мм	Длина рабочего хода $L_{р.х.}$, мм	Стоимость инструмента T , мин	Подача, мм/об, мм/зуб		Скорость V , м/мин		Частота вращения n , мин ⁻¹		Минутная подача S_m , мм/мин	Основное время t_o , мин	Мощность резания N_c , кВт	Мощность привода станка $N_{ст}$, кВт
						расчетная	принятая	расчетная	принятая	расчетная	принятая				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
05	Фрезерно-центровальная 1. Сверление отверстия 2. Фрезерование торцов	2,0	12	16	30	0,14	0,12	18	13,2	1433	1050	126	0,12	0,8	4,5
		3,0	80	110	60	0,07	0,06	230	200	457	400	64	1,72	3,2	4,5
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Приложение В (обязательное)

Таблица В.1 – Сводная таблица норм времени

В минутах

Номер и наименование операций	Основ- ное время t_o	Вспомогательное время t_e			Опера- тивное время t_{op}	Время обслуживания		Время на отдых $t_{отд}$	Штучное время $t_{шт}$	Подготовительно- заключительное время $T_{п.з.}$	Величина партии n , шт.	Штучно- калькуляци- онное время $t_{шт-к}$
		$t_{уст}$	$t_{упр}$	$t_{изм}$		$t_{тех.об}$	$t_{орг.об}$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
05. Токарная 10. Сверлильная												

Приложение Г (рекомендуемое)

Таблица Г.1 – Расчет требуемого количества станков

Номер операции	Наименование операции	Модель станка	Штучное время $t_{шт}$, мин	Расчетное число станков n_p	Принятое число станков $n_{пр}$	Коэффициент загрузки
1	2	3	4	5	6	7

[illegible]