

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АВТОМЕХАНИЧЕСКИЙ ТЕХНИКУМ**

Г.Р. Забирова  
Г.Ю. Шестернинова

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

*Специальность 15.02.08*

Ульяновск  
2015

*Г.Р. Забирова. Г.Ю.Шестернинова.*

**Методические указания по выполнению выпускной квалификационной работы. Ульяновск;; 2016; УлГУ АМТ, – 132 стр., 14 рис., 46 табл., 1 схема**

В учебном пособии изложены основные вопросы проектирования технологических процессов механической обработки деталей машин, экономическое обоснование выбора технологического процесса и срок окупаемости выбранного проекта. Освещены также тематика, состав, объем, структурное построение и правила оформления проекта. Пособие подготовлено с учетом новых стандартов ЕСТПП и ЕСТД.

Учебное пособие предназначается для студентов специальности 15.02.08 Профессиональное обучение (по отраслям) специализации «Технология машиностроения», а также может быть полезно для других студентов, изучающих технологию машиностроения.

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	6
1 Содержание и организация выпускной квалификационной работы.....	7
1.1 Тема, состав и объем выпускной квалификационной работы.....	7
1.2 Применение ЭВМ и элементов САПР для решения технологических задач в выпускной квалификационной работе.....	8
1.3 Организация выпускной квалификационной работы.....	9
2 Общие правила оформления выпускной квалификационной работы.....	11
2.1 Оформление пояснительной записки.....	11
2.2 Оформление графической части проекта .....	14
2.2.1 Рабочие чертежи детали и заготовки .....	14
2.2.2 Рабочие чертежи режущего и контрольно-измерительного инструментов.....	16
2.2.3 Технологические эскизы.....	17
2.2.4 Схема планировки механической обработки.....	19
2.3 Оформление технологической документации.....	19
2.3.1 Порядок заполнения маршрутной карты (форма 1, 1а, 1б ГОСТ 3.1118-82)....	20
2.3.2 Порядок заполнения операционной карты (форма 2, 2а, 3 ГОСТ 3.1404-86)...	21
3 Проектирование технологического процесса механической обработки детали в выпускной квалификационной работе.....	23
3.1 Введение и задачи выпускной квалификационной работы .....	25
3.2 Исходная информация для выпускной квалификационной работы.....	25
3.2.1 Служебное назначение и техническая характеристика детали.....	26
3.2.2 Анализ технологичности конструкции детали .....	28
3.2.3 Определение типа производства .....	31
3.3 Анализ исходных данных для разработки технологического процесса .....	35
3.4 Разработка технологического процесса обработки детали.....	37
3.4.1 Выбор типового технологического процесса .....	38
3.4.2 Анализ заводского технологического процесса обработки детали.....	39
3.4.3 Выбор исходной заготовки и метода ее изготовления.....	40
3.4.4 Экономическое обоснование выбора заготовки.....	41
3.4.5 Выбор технологических баз.....	42
3.4.6 Выбор методов обработки .....	46
3.4.7 Разработка технологического маршрута обработки детали .....	48
3.4.8 Выбор средств технологического оснащения.....	50
3.4.9 Разработка технологических операций обработки детали.....	53
3.5 Технологические расчеты.....	54
4 Конструкторская часть .....	55
4.1 Расчет и проектирование станочного приспособления.....	55
4.2. Расчет и проектирование режущего инструмента.....	56
4.3. Расчет и проектирование контрольно - измерительного инструмента (приспособления).....	57

5	Организационно-экономический раздел.....	59
5.1	Производственные расчеты.....	59
5.1.1.	Составление сводной таблицы норм времени на деталь.....	59
5.1.2.	Определение потребного количества оборудования и его загрузки.....	59
5.1.3.	Определение коэффициента загрузки оборудования.....	60
5.1.4.	Определение производственной площади участка, м <sup>2</sup> .....	61
5.1.5.	Определение объема здания, занимаемого участком, м <sup>3</sup> .....	61
5.1.6.	Определение потребного количества рабочих.....	61
5.2	Организационный раздел.....	64
5.3.	Экономический раздел.....	69
5.3.1.	Определение фонда заработной платы основных рабочих.....	69
5.3.2.	Расчет фонда заработной платы вспомогательных рабочих.....	70
5.3.3.	Определение фонда зарплаты МОП (уборщицы).....	72
5.3.4.	Определение фонда заработной платы ИТР, СКП.....	73
5.3.5.	Определение общего годового фонд зарплаты по участку.....	73
5.3.6.	Определение затрат на основные материалы.....	73
5.3.7.	Определение стоимости основных фондов.....	75
5.3.8.	Определение цеховых расходов.....	76
5.3.9.	Определение калькуляции себестоимости изделия.....	78
6.	Результующий раздел.....	79
6.1.	Определение экономической эффективности проектируемого участка.....	79
6.2.	Расчет технико-экономических показателей.....	80
7	Заключение.....	82
	Список литературы, рекомендуемой для курсового проектирования.....	83

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Выпускная квалификационная работа по технологии машиностроения является первой большой самостоятельной работой будущего техника, направленной на решение конкретных задач в области совершенствования технологии, организации производства и улучшения технико-экономических показателей работы участка или цеха. Выполнение выпускной квалификационной работы служит не только комплексной проверкой подготовки студента к работе на производстве, но и является важнейшей формой и методом приобретения навыков самостоятельной работы.

При проектировании выпускной квалификационной работы особое внимание уделяется самостоятельному творчеству студента с целью развития его инициативы в решении технических задач, а также детального творческого анализа существующих технологических процессов. Принятие решений по выбору вариантов технологических процессов, оборудования, оснастки, методов получения заготовок производится на основании технико-экономических расчетов.

Выпускная квалификационная работа должна базироваться преимущественно на конкретном материале предприятия, на котором проводится преддипломная практика или на котором работает студент. При этом вопросы технологии, экономики, организации и планирования производства, разрабатываемые в каждом проекте, должны решаться исходя из задач, стоящих перед предприятием.

# 1 СОДЕРЖАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

## 1.1 Тема, состав и объем выпускной квалификационной работы

Тематика выпускных квалификационных работ должна быть в значительной степени увязана с конкретными задачами, стоящими перед заводом, цехом или производственным участком, где работает или проходит практику студент. Она должна предусматривать возможность рационализации действующей на заводе технологии; внедрения высокопроизводительного оборудования, инструмента, приспособлений; модернизация заводского оборудования, оснащения его различными приспособлениями и устройствами, позволяющими осуществлять механизацию и автоматизацию производственных процессов.

Тематика выпускной квалификационной работы может предусматривать разработку единичного технологического процесса изготовления и проектирования участка или цеха для серийного и массового производства деталей машин и механизмов, режущего или измерительного инструмента и т.п.

Задание для обучающего без отрыва от производства, связанное с его практической деятельностью, повышает его интерес к работе над проектом, позволяет наряду с полученными им теоретическими знаниями использовать и свой практический опыт и дать рациональное решение конкретной производственной задачи.

Допускается выполнение студентами выпускных квалификационных работ, содержанием которых является переоборудование действующих или создания новых учебных кабинетов и лабораторий общетехнических и специальных дисциплин, участков механических мастерских при условии соответствия выполняемых работ квалификационным требованиям к специалисту.

В выпускной квалификационной работе может быть предусмотрена работа по изготовлению изделия (детали, сборочной единицы, приспособления, макета, учебно-наглядного пособия и т. п.); в этом случае в задании предусматривается уменьшение объема работ других разделов проекта.

Темой выпускных квалификационных работ может быть:

1. Проектирование технологического процесса механической обработки для заданной детали;
2. Повышение технологического уровня изготовления детали по сравнению с существующими технологическими процессами на производстве;
3. Проект механического участка обработки заданной детали.

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки (ПЗ), графических материалов и альбома технологической документации.

Пояснительная записка является основным документом выпускной квалификационной работы, в котором приводится информация о выполненных расчетах, технических и организационно-экономических разработках. Объем ПЗ примерно составляет 60-80 листов напечатанного с помощью компьютера текста. Содержание ПЗ должно соответствовать выданному заданию.

Общий объем графической части составляет 4-6 листа формата А1.

Графический материал выпускной квалификационной работы включает:

1. Рабочий чертеж детали - 1 лист (формата А1 – А3);
2. Рабочий чертеж заготовки - 1 лист (формата А1 – А3);
3. Чертеж режущего инструмента – 1 лист (формата А1 – А3);
4. Чертеж станочного приспособления – 1-2 листа (формата А1-А3);
5. Чертеж контрольно-измерительного инструмента – 1 лист (формата А3 – А4) либо чертеж контрольно-измерительного приспособления – 1-3 листа (формата А1 – А3);
6. Технологические операционные эскизы – 2-3 листа; (формата А1-А3);
7. Планировка участка механической обработки - 1 лист (формата А1 – А2);.

Альбом технологической документации состоит из комплекта маршрутных карт (МК), операционных карт (ОК) и карт эскизов (КЭ).

## **1.2 Применение ЭВМ и элементов САПР для решения технологических задач в выпускной квалификационной работе**

Применение ЭВМ становится обязательным элементом выпускной квалификационной работы, что позволяет уменьшить трудоемкость выполнения расчетной части проектов и повысить качество конструкторско - технологических разработок.

При выполнении выпускной квалификационной работы по технологии машиностроения с помощью ЭВМ можно решить задачи, не требующие специальной подготовки студентов, например: расчет припусков на заготовку; режимов резания на обработку; техническое нормирование операций; расчет размерных цепей; расчет на прочность и жесткость технологической оснастки и т. д.

Использовать элементы САПР можно при подготовке управляющих программ для станков с ЧПУ, при выборе компоновок и конструировании приспособлений, а также для получения маршрутных и операционных карт оптимального варианта технологического процесса.

## **1.3 Организация выпускной квалификационной работы**

Задание на выпускную квалификационную работу по специальности «Технологии машиностроения» выдается студентам за две недели до прохождения преддипломной практики.

Задание на выпускную квалификационную работу оформляется на бланке. В задании указываются вопросы, подлежащие разработке, а также годовая программа выпуска деталей. Задание подписывают преподаватель - руководитель проекта и студент.

Материал (чертежи детали, заготовки и заводской технологический процесс) для выпускной квалификационной работы студенты дневного обучения собирают в период преддипломной практики на базовых машиностроительных предприятиях. Во время практики студенты подробно изучают заводской технологический процесс обработки одной определенной детали, анализируют его, выявляют "узкие места". Кроме этого знакомятся с организацией и экономикой производства. Результаты работы должны быть отражены в выпускной квалификационной работе, в соответствующих разделах.

Деталь для выпускной квалификационной работы по возможности должна иметь точные сопряженные поверхности различного вида (плоские, цилиндрические, фасонные и др.). Это может быть корпусная деталь, ступенчатый вал, вал-шестерня, зубчатое колесо и т. п., требующая для обработки 8-12 разнотипных операций.

Выпускную квалификационную работу студенты выполняют самостоятельно, консультируясь в процессе работы у руководителей технологических и экономических разделов и преподавателей спец. дисциплин.

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

Выпускную квалификационную работу студенты всех форм обучения защищают перед Государственной аттестационной комиссией.

Для изложения содержания проекта студенту предоставляется 15-25 минут. При этом студент должен осветить основные вопросы:

- служебное назначение детали;
- предъявляемые технические требования;
- технологическое обеспечение;
- обоснование выбора заготовки;
- технологичность конструкции детали;
- принципы построения технологического процесса;
- планировку механического участка;
- экономическое обоснование выбранного проекта.

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

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



## **2 ОБЩИЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

Выпускная квалификационная работа должна разрабатываться и оформляться в строгом соответствии с Единой системой конструкторской и технологической документации (ЕСКД и ЕСТД).

Выпускной квалификационной работе присваивается шифр (обозначение), который состоит из букв ВКР (выпускная квалификационная работа), номера специальности (15.02.08), года поступления в учебное заведение (например, 2012), номера по регистрационному журналу выпускных квалификационных работ. На титульном листе и основных надписях пояснительной записки проставляется этот же шифр, полная запись которого, например: ВКР 15.02.08 2012 ХХХХ. В обозначение каждого листа чертежей добавляется еще его порядковый номер. Например, ВКР 15.02.08 2012 ХХХХ 01 (02 ... 09).

### **2.1 Оформление пояснительной записки**

Основным документом выпускной квалификационной работы является ПЗ, в которой приводится информация о выполнении технических разработок и экономических обоснований.

Пояснительная записка (ПЗ) выпускной квалификационной работы 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 (схемами, таблицами, графиками) и расчетами. Текст оформлять на одной стороне листа формата А4 (210×297 мм).

Титульный лист ПЗ оформляется, как показано в прил. 2 и выполняется заодно с обложкой на чертежной бумаге или на отдельном листе А4. Надписи на титульном листе выполняются черной тушью, чернилами чертежным шрифтом или на компьютере.

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

Нумерация страниц ПЗ должна быть сплошной: первой страницей является титульный лист, второй - задание на выпускную квалификационную работу, третьей – ведомость выпускной квалификационной работы, четвертой - содержание и т. д. На титульном листе и задании номер страницы не ставят; следовательно, содержание располагается на четвертой странице. Приложения и список литературы также включают в себя сквозную нумерацию страниц.

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 наименование и поясняющие данные. Ссылки в тексте ПЗ на литературные источники обозначают порядковым номером списка источников, заключенным в квадратные скобки.

Пояснительная записка должна иметь следующее структурное построение, разделы и подразделы:

- Титульный лист;
- Задание на выпускную квалификационную работу;
- Ведомость выпускной квалификационной работы;
- Содержание выпускной квалификационной работы;
- Формулирование задач проекта.
- **1. Технологический раздел**
- 1.1. Описание служебного назначения детали. Характеристика материала детали по химическим свойствам, технологическим свойствам, и химическому составу.
- 1.2. Анализ конструкции детали на технологичность. Анализ технических требований предъявляемых качеству изготовления заданной детали.
- 1.3. Расчёт годовой программы выпуска заданной детали. Выбор типа производства. Характеристика выбранного типа производства по технологическим и организационным признакам.
- 1.4. Выбор способа получения заготовки и его технико-экономическое обоснование.
- 1.5. Проектирование технологического процесса механической обработки заданной детали.
- 1.6. Выбор технологических баз.
- 1.7. Определение межоперационных размеров и межоперационных припусков на механическую обработку.
- 1.8. Расчет режимов резания.
- 1.9. Определение норм времени.
- **2. Конструкторский раздел**
- 2.1. Описание конструкции и принципа действия станочного приспособления. Расчёт усилия зажима.
- 2.2. Расчёт режущего инструмента.

- 2.3. Расчет контрольно–измерительного инструмента (Описание конструкции и принципа действия контрольно–измерительного приспособления).
- **3.Организационно-экономический раздел**
- 3.1.Производственные расчёты
- 3.2.Организационный раздел
- 3.3. Экономический раздел
- 4. Результирующий раздел
- 4.1. Определение экономической эффективности проектируемого участка
- 4.2. Расчёт технико-экономических показателей
- **Заключение**
- Список использованных источников.
- Приложения.

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

В ПЗ должно быть наличие списка литературы, который должен включать все использованные источники в порядке появления ссылок в тексте, соблюдая требования ГОСТ 7.1-84.

Приложения оформляются как продолжение ПЗ на последующих ее страницах, располагая их в порядке появления ссылок в тексте. Каждое приложение начинают с новой страницы с указанием в правом верхнем углу слова «Приложение 1 ... n» с соответствующей сквозной нумерацией.

Стандартная технологическая документация оформляется в виде отдельного альбома, на титульном листе (ТЛ) которого делают такую же надпись как и на ПЗ, добавив слово «Приложения». Альбом с брошюруется вместе с текстовой частью и титульным листом ПЗ в одно целое.

## **2.2 Оформление графической части проекта**

Графическая часть проекта, состоит из чертежа детали, заготовки, режущего инструмента, станочного приспособления, контрольно-измерительного инструмента (контрольно-измерительного приспособления), демонстрационных плакатов с технологическими эскизами, схема планировки механического участка. Все чертежи выполняются по общим правилам ЕСКД черным карандашом (разрешается тушью) либо при помощи графических программ на ПК. 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.

Чертежи выполняются на листах чертежной бумаги формата А1 (594×841). Рекомендуется масштаб чертежей 1:1, так как он обеспечивает лучшее представление о действительных размерах элементов конструкции. Применение других масштабов и форматов чертежей в каждом конкретном случае решается студентом совместно с руководителем.

### ***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). Внешнее оформление чертежей должно соответствовать стандартам ЕСКД. Количество изображений (видов, разрезов, сечений) 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; ГОСТ 2.109; ГОСТ 2.301; ГОСТ 2.308; ГОСТ 2.309; ГОСТ 2.310; ГОСТ 2.316 и др.). При этом указываются технические требования, предъявляемые к материалу детали, термической обработке, качеству поверхностей, размеры, предельные отклонения и др. Порядок нанесения технических требований на чертеже регламентируется ГОСТ 2.316.

Для заготовок (поковка, штамповка, отливка) указывается 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 линией, давая лишь необходимые ее контуры, наглядно показывающие наличие припусков на обработку. Числовые значения припусков также дают на чертеже. Внутренний контур обрабатываемых поверхностей, а также отверстий, впадин

и выточек, не выполняемых в отливке, вычерчивают тонкой линией. На чертеже заготовки должны быть даны технологические (исходные) базы, используемые на первой операции механической обработки.

В графе основной надписи чертежа (в штампе) заготовки под наименованием детали следует писать: ...поковка... или ...отливка.... В случае совмещенного выполнения чертежей детали и заготовки контур детали вычерчивается сплошными основными линиями, а припуски - сплошными тонкими линиями. Пример изображения заготовки штамповки приведен на рис. 2.1.

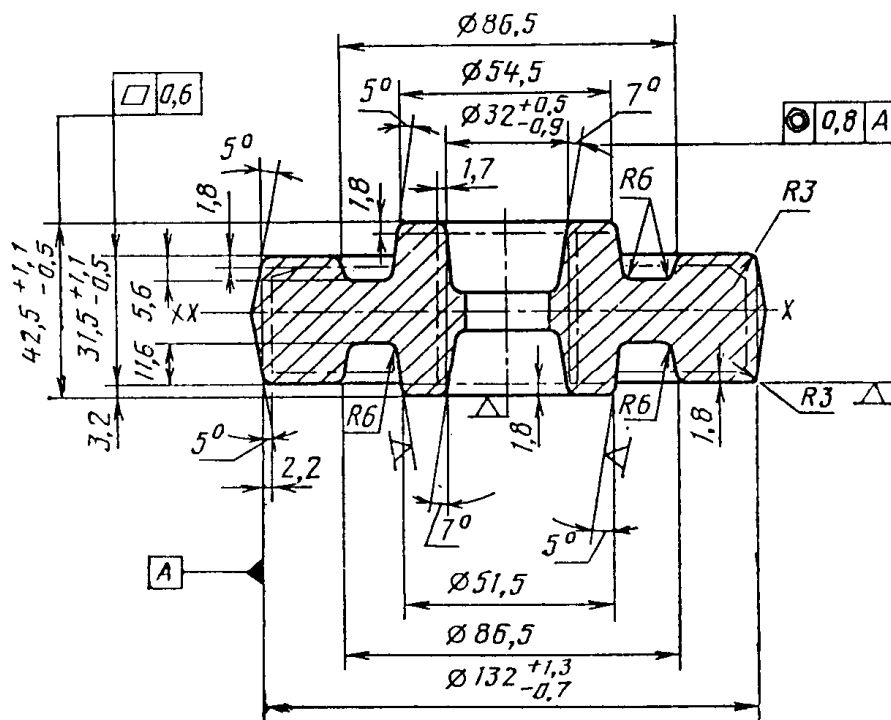


Рис. 2.1. Совмещенный чертеж детали с заготовкой

### 2.2.2 Рабочие чертежи режущего, контрольно-измерительного инструментов (контрольно-измерительного приспособления), станочного приспособления

Рабочие чертежи режущего, контрольно-измерительного инструментов (контрольно-измерительного приспособления), станочного приспособления делают отдельно. Внешнее оформление чертежей должно соответствовать стандартам ЕСКД. Количество изображений (видов, разрезов, сечений) на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для полного представления о предмете.

Чертежи режущего, контрольно-измерительного инструментов (контрольно-измерительного приспособления), станочного приспособления должны содержать технические требования и другие данные, необходимые для их изготовления и контроля, в соответствии с требованиями ЕСКД (ГОСТ 2.107; ГОСТ 2.109; ГОСТ 2.301; ГОСТ 2.308; ГОСТ 2.309; ГОСТ 2.310; ГОСТ

2.316 и др.). При этом указываются технические требования, предъявляемые к материалу инструментов, термической обработке, качеству поверхностей, размеры, предельные отклонения и др. Порядок нанесения технических требований на чертеже регламентируется ГОСТ 2.316. Для сборочных чертежей выполняются спецификации.

### 2.2.3 Технологические эскизы

В выпускной квалификационной работе для наглядности часть технологических операций или переходов (8-10) изображается на листах (1-2) чертежной бумаги форматом А1 (плакатах). На этих картах приводятся основные наиболее интересные и оригинальные операции технологического процесса, а также те операции, в которые внесены изменения по сравнению с базовым вариантом. Каждый эскиз на такой карте сопровождается номером, содержанием операции или перехода, что пишется над ним и дополнительной таблицей, которая приводится под ним (табл. 2.1).

Таблица 2.1 - Таблица к операционному эскизу

Наименование и модель станка	t, мм	S, мм/об. (мм/мин)	n, об/мин	V, м/мин	P <sub>z</sub> (P <sub>o</sub> ), Н	N, кВт	T <sub>o</sub> , мин	T <sub>шт</sub> , мин

При многоинструментальной обработке в таблицу вносятся только данные лимитирующего инструмента.

На картах эскизов 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, номера обрабатываемых поверхностей, размеры с предельными отклонениями, шероховатость поверхностей и технические требования (для чистовых операций). На плакатах для наглядности приводится упрощенное изображение режущих инструментов в положении после обработки.

При многоинструментальной обработке на операционном эскизе должны быть показаны все режущие инструменты в упрощенном изображении, в том расположении относительно друг друга и обрабатываемой детали, в каком они находятся в конечный момент резания. На эскизах также указываются стрелками движения инструмента и детали.

При обработке на станках с ЧПУ на операционном эскизе должны быть показаны все режущие инструменты в упрощенном изображении, в том расположении относительно друг друга и обрабатываемой детали, в каком они находятся в конечный момент резания. На эскизах также указываются стрелками движения инструмента и детали. Показывается траектория движения с точками движения и водятся в таблицу.

Эскизы технологических операций, не поместившиеся на плакате, изображаются на картах эскизов (КЭ) в технологической документации, которые составляются по ГОСТ 3.1105-84 формам 7, 7а. Разрабатываются они для операций и переходов. На них выполняются эскизы, схемы и таблицы, поясняющие содержание операций. На одной карте можно изображать несколько эскизов к различным последовательно выполненным операциям с указанием их номеров в соответствующей графе основной надписи.

На этих эскизах (КЭ) режущие инструменты показывают только в случае многоинструментальной обработки, и не приводится содержание операций (перехода) и табл. 2.1.

Если для обработки какой-либо поверхности применяют несколько последовательно работающих инструментов (сверло, зенкер, развертка), то они изображаются в ряд последовательно. Для агрегатных станков на операционном эскизе приводится один эскиз с последовательным изображением режущих инструментов, применяемых на каждой позиции. Номера позиций изображаются на эскизах и операционных картах римскими цифрами, а для суппорта револьверного станка - арабскими цифрами.

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

Таблицы, схемы и технические требования размещают на свободном поле карты эскизов (КЭ) справа от изображения или под ним. Технические требования излагают по ГОСТ 2.316, знаки базирования и зажимных усилий (обозначение опор и зажимов), примеры их обозначений наносятся по ГОСТ 3.1107. На операционные эскизы масштабы не устанавливаются, но следует примерно соблюдать пропорции детали. Необходимое количество изображений (видов, размеров, сечений и выносных элементов) на операционном эскизе устанавливается из условия обеспечения наглядности и ясности изображения обрабатываемых поверхностей.

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

На операционных эскизах все размеры обрабатываемых поверхностей и выдерживаемые технические требования условно нумеруют арабскими цифрами. Номер размера проставляют в окружность диаметром 6-8 мм и соединяют с размерной линией. При этом размеры и предельные отклонения обрабатываемой поверхности в содержании операции (перехода) не указываются, например, «развернуть отверстие 1, подрезать торец 2». Нумерация производится по часовой стрелке, начиная с левой стороны. Для каждого эскиза применяется своя нумерация.

#### **2.2.4 Схема планировки механической обработки**

Планировку механического участка выполняют в масштабе (1:100), (1:50), (1:200). Планировку цехов с единичным и мелкосерийным производством производят по типам оборудования, а цехов с серийным и массовым производством – по ходу технологического процесса.

Расстояния между станками и расстояния от колонн и стен до станков должны соответствовать нормам проектирования механических цехов. Располагая станки на участке, следует обеспечивать рациональную организацию рабочего места в соответствии с требованиями НОТ и техники безопасности. Особое внимание должно быть уделено организации рабочих мест с многостаночным обслуживанием на станках автоматах, полуавтоматах и станков ЧПУ.

#### **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 (ТЛ) (ГОСТ 3.1105-84 форма 2);
- маршрутную карту (МК) (ГОСТ 3.1118-82 форма 1, 1а, 1б);
- операционные карты (ОК) механической обработки (ГОСТ 3.1404-86 формы 2, 2а, 3)
- карты эскизов (КЭ) (ГОСТ 3.1105-84 формы 7,7а)

Комплект форм технологических карт представлен в прил. 4, 5, 6, 7, 7а.

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

Маршрутная карта МК - 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 маршрутных карт МК установлены ГОСТ 3.1118-82 (формы 1, 1а, 1б).



Операционная карта ОК - описание технологической операции с указанием переходов, режимов обработки и данных о средствах технологического оснащения. Операционные карты ОК оформляются в соответствии с ГОСТ 3.1404-86 (формы 2, 2а, 3). Операционные карты заполняются на все операции механической обработки.

Эскиз детали с заданными конструкторскими размерами, техническими требованиями и нумерацией обрабатываемых поверхностей и эскиз заготовки с размерами и допусками для тех поверхностей, на которые назначены припуски на механическую обработку, вычерчиваются на картах эскизов (КЭ) и подшиваются в альбом технологической документации после титульного листа (ТЛ).

Операционные эскизы (кроме изображенных на плакатах) вычерчиваются на картах эскизов (КЭ) по ГОСТ 3.1104-3.1105. Порядок и правила оформления карт эскизов (КЭ) для операций техпроцесса представлен в п. 2.2.3. При заполнении ОК по форме 3 оформление КЭ не требуется.

Все представленные примеры заполнения технологических карт выполнены без присвоения кодов по технологическому классификатору и классификатору ЕСКД. Выполнение требований по классификации и кодированию деталей и технологического процесса являются обязательными.

### ***2.3.1 Порядок заполнения маршрутной карты (форма 1, 1а, 1б ГОСТ 3.1118-82)***

В заголовке маршрутной карты (МК) указывается наименование детали. В строке МО1 заготовка - наименование, сортament, марка и ГОСТ материала. В строке МО2 - код единицы величины (массы, длины и т.д.) детали, заготовки (ЕВ); массы детали по конструкторскому документу (МД); единица нормирования расхода материала (1, 10, 100) (ЕН), нормы расхода материала (Н<sub>расх.</sub>); 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, 05 и др.) указывается номер операции, ее наименование, код профессии рабочего и номер инструкции по охране труда.

В строках Б (04, 06 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 МО2); объем партии заготовок (ОП); коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании (Кшт); норма подготовительно-заключительного времени (Тпз) и норма штучного времени на операцию (Тшт).

Пример заполнения МК приведен в прил. 6. При необходимости продолжения карты на следующем бланке используют форму 1а (оборотная сторона) или 1б (последующий лист) ГОСТ 3.1118-82

### **2.3.2 Порядок заполнения операционной карты (форма 2, 2а, 3 ГОСТ 3.1404-86)**

В заголовке операционной карты (ОК) указывается наименование детали и операции; краткая форма записи 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 ( $T_{пз}$ ); информация о применяемой СОЖ.

На поле ОК в строке Р указывается номер позиции инструментальной наладки для станков с ЧПУ (ПИ); 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 заносятся строки содержания переходов.

Строка О: 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 с возможностью перехода на последующие строки.

Строка Т заполняется вне связи с графами и содержит наименование, обозначение, характеристику и ГОСТ применяемого вспомогательного приспособления, режущего и мерительного инструмента. Запись выполнять по всей длине строки, с возможностью переноса информации на последующие строки.

В строке Р указывают основные параметры режима обработки поверхностей, перечисленных в строке О, в том числе ПИ, Д или В, L, t, i, S, n, V.

Далее заполняют сведения о следующих переходах данной операции и т.д. при необходимости продолжения карты на следующем бланке используют форму 2а (последующий лист) 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) должно быть включено:

- ключевое слово, характеризующее метод обработки. Выраженные глаголом в неопределенной форме (например: «Точить», «Фрезеровать», «Сверлить», «Нарезать» и т.п.); наименование обрабатываемой поверхности, конструктивных элементов;

- информация по размерам или их условным обозначениям;

- дополнительная информация, характеризующая количество одновременно или последовательно обрабатываемых поверхностей, характер обработки (например, предварительно, одновременно, по копиру, сквозное 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.

### **3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ**

Предлагаемая методика выполнения выпускной квалификационной работы позволит студентам выдержать единство требований в решении отдельных вопросов. Однако, работая над инженерными задачами, студент должен подходить творчески и принимать самые оптимальные решения.

Учитывая сложившуюся практику можно рекомендовать порядок проектирования технологических процессов (ТП), представленный на схеме. 3.1.

Проектирование технологических процессов состоит из следующих взаимосвязанных этапов, для которых определены конкретные задачи:

1. Изучение исходной информации и технологическая подготовка.
2. Анализ исходных данных.
3. Разработка технологического процесса обработки детали.
4. Технологические расчеты.

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

Технологическая подготовка включает:

- служебное назначение и техническую характеристику детали;
- анализ технологичности конструкции детали (отработка конструкции детали на технологичность);
- определение типа производства.

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 и экономическое обоснование;
- разработка технологических операций обработки детали.

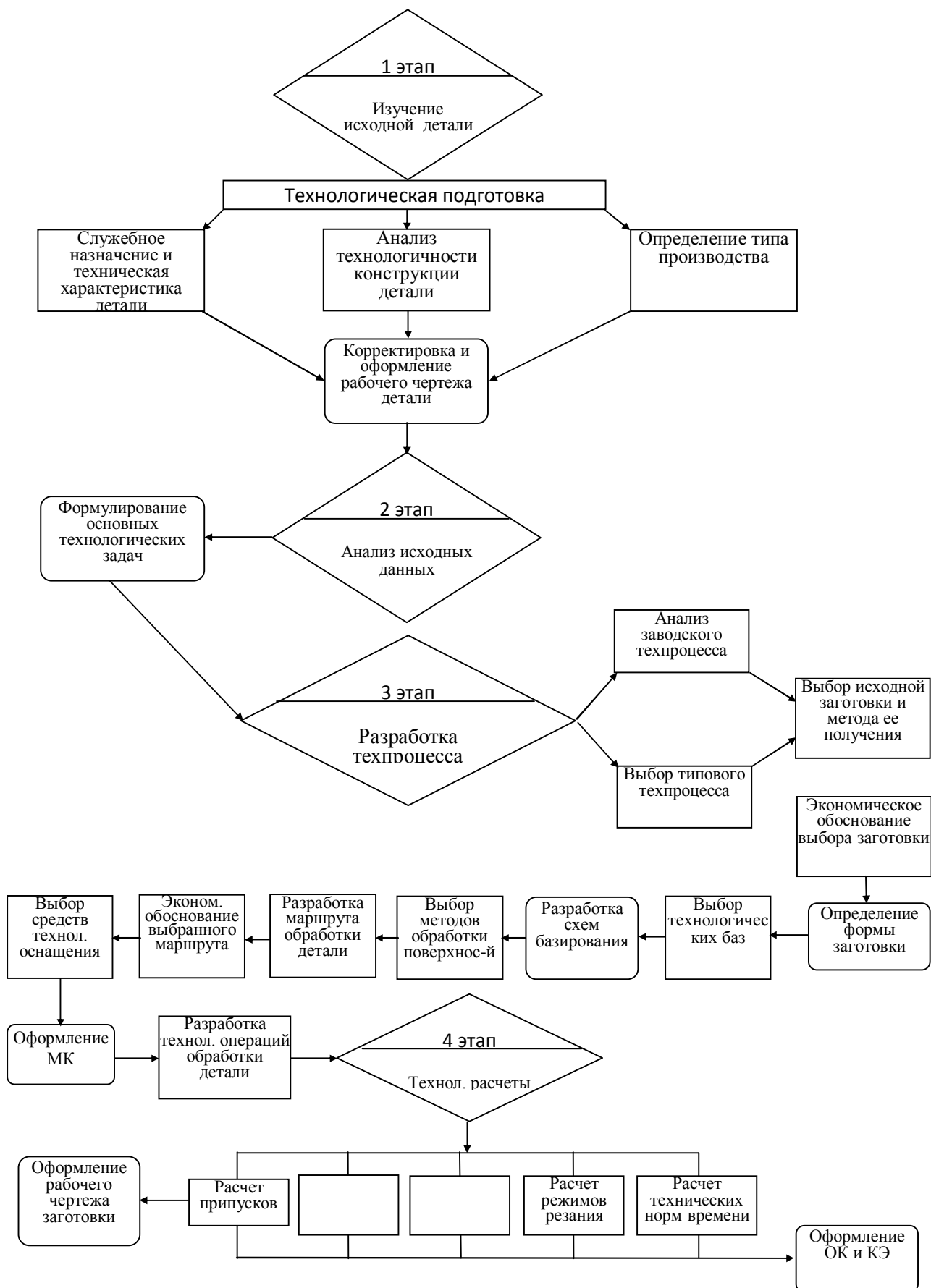


Схема. 3.1. Структурная схема этапов проектирования технологического процесса

На четвертом этапе выполняются технологические расчеты припусков, режимов резания и технических норм времени.

Порядок выполнения выпускной квалификационной работы должен соответствовать построению этого раздела.

### **3.1 Введение и задачи выпускной квалификационной работы**

В введении выпускной квалификационной работы описывают общие направления решения задач проектирования, обосновывают актуальность разрабатываемой темы, ее значение для повышения эффективности производства и формируют основные задачи, поставленные перед студентом.

Можно рекомендовать такую последовательность построения введения:

- 1) перспективные направления развития машиностроения;
- 2) состояние и перспективы развития производства на базовом предприятии;
- 3) обоснование новизны и эффективности предлагаемых проектных решений;
- 4) основные задачи, решаемые в курсовом проекте, их практическая значимость. Объем введения не должен превышать 1-2<sup>x</sup> страниц текста.

### **3.2 Исходная информация для выпускной квалификационной работы**

Исходная информация для выполнения выпускной квалификационной работы по технологии машиностроения подразделяется на базовую, руководящую и справочную (ГОСТ14.301-83).

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.), 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 преддипломной практики студентов.

В ПЗ студент приводит список справочной и руководящей информации, которую он собрал и использовал при выполнении выпускной квалификационной работы.

На основе изучения исходной информации необходимо произвести технологическую подготовку исходных данных, необходимых для проектирования технологического процесса. Содержание технологической подготовки приведено ниже.

### **3.2.1 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, исходя из служебного назначения детали и условий их изготовления.

Служебное назначение детали должно включать функциональное назначение 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 для служебного назначения, и 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 4543-88 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, механические свойства и технологические свойства материала детали. Эти данные сводятся в табл. 3.1, 3.2, 3.3.

Например:

Таблица 3.1 - Химический состав стали 45 ГОСТ 1050-88, %

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

Таблица 3.2 - Механические свойства стали 45 ГОСТ 1050-88

$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_{вр}$ , МПа	$\sigma_5$ , %	$\psi$ , %	$\alpha_n$ , Дж/см <sup>2</sup>	НВ (не более)	
					Горячекатаной	Отожженной
не менее						
360	610	16	40	50	241	197

Таблица 3.3 - Технологические свойства стали 45 ГОСТ 1050-88.

Прокаливаемость в масле, диаметр, мм - в воде - в масле	17 – 45 10 – 30	
Температура ковки, °С - конца - начала	800 1250	
Обрабатываемость резанием:		
- материал резца	Твердый сплав	Быстрорежущая сталь
- K <sub>0</sub>	1	0,8
Флакеночувствительность	Чувствительна	
Коррозионная стойкость	Низкая	
Отпуская хрупкость	Не склонна	

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

### 3.2.2 Анализ технологичности конструкции детали

Анализ технологичности конструкции изделия направлен на повышение производительности труда, снижение затрат и сокращение времени на технологическую подготовку производства. Конструкция изделия может быть признана технологичной, если она обеспечивает простое и экономичное изготовление изделия и удовлетворяет следующим требованиям:

1. Конфигурация деталей и их материалы позволяют применять наиболее прогрессивные заготовки, сокращающие объем механической обработки (точное кокильное литье, литье под давлением, объемную штамповку и вытяжку, холодную штамповку 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. Используются 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.

Вопросы анализа технологичности деталей различного класса (корпусов, валов, колес зубчатых и т. д.) подробно изложены в [18].

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

Технологичность конструкции детали оценивают на двух уровнях - качественном и количественном. Качественная оценка предшествует количественной и сводится к определению соответствия конструкции детали выше указанным требованиям.

Качественная оценка технологичности конструкции детали указывается словами "хорошо-плохо", допустимо-не допустимо" или "+", "-".

Если в выпускной квалификационной работе не анализируется заводской технологический процесс, то количественную оценку технологичности конструкции детали выполнять не требуется.

Количественную оценку технологичности конструкции детали производят по следующим коэффициентам:

1. Коэффициент использования материала

$$K_{ИМ} = \frac{M_d}{M_z}, \quad (3.1)$$

где  $M_d$  - масса детали по чертежу, кг;

$M_z$  - масса материала, расходуемого на изготовление детали, кг.

2. Коэффициент точности обработки детали

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{CP}}, \quad (3.2)$$

где  $A_{CP}$  - средний квалитет точности обрабатываемых поверхностей:

$$A_{CP} = \frac{1n_1 + 2n_2 + \dots + 17n_{17}}{n_1 + n_2 + \dots + n_{17}}, \quad (3.3)$$

где 1, 2, ..., 17 – номер квалитетов точности обрабатываемых поверхностей

$n_1, n_2, \dots, n_{17}$  - количество размеров соответствующего квалитета.

3. Коэффициент шероховатости поверхностей детали

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{CP}}, \quad (3.4)$$

где  $B_{CP}$  - средний класс шероховатости поверхностей детали:

$$B_{CP} = \frac{1n_1 + 2n_2 + \dots + 14n_{14}}{n_1 + n_2 + \dots + n_{14}}, \quad (3.5)$$

где 1, 2, 3, ..., 14 – классы шероховатости

$n_1, n_2, \dots, n_{14}$  - число поверхностей соответствующего класса шероховатости

#### 4. Коэффициент унификации заданной детали

$$K_y = \frac{Q_{vэ}}{Q_э}, \quad (3.6)$$

где  $Q_{vэ}$  - число унифицированных конструкторских элементов детали

$Q_э$  - общее количество конструкторских элементов детали.

#### 5. Трудоемкость изготовления детали

$$T\partial = \sum_{i=1}^n t_{шт} \quad (3.7)$$

где  $t_{шт}$  - штучное время  $i$ -той операции, мин;

$n$  - количество технологических операций.

#### 6. Технологическая себестоимость детали

$$C_d = C_m + C_з + C_{об}, \quad (3.8)$$

где  $C_m$  - стоимость исходного материала, руб.;

$C_з$  - стоимость получения заготовки, руб.;

$C_{об}$  - стоимость обработки детали, руб.

Технологичность конструкции по трудоемкости и себестоимости (п. п. 5, б) может быть определена после завершения разработки технологического процесса.

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

В процессе анализа рабочий чертеж детали корректируют, вносят соответствующие изменения. Эти мероприятия должны быть отражены в пояснительной записке.

### 3.2.3 Определение типа производства

Годовая программа выпуска деталей указывается в задании на выпускную квалификационную работу. Тип производства – это классификационная категория производства, выделяемая 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 продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест 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		
	единичный	серийный	массовый
1	2	3	4
Повторяемость партий (серий)	Отсутствует	Периодическая	Непрерывный выпуск одних и тех же деталей (серий машин)
Технологическое оборудование	Универсальное	Универсальное, частично специализированное и специальное	Широкое использование специализированного и специального оборудования и автоматических линий
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, спец. многомерный инструмент, контрольные приборы
Настройка станка	Станки	Станки	Сложная настройка,

	ненастроенные, работа по пробным промерам	настроенные	автоматизм
Размещение технологического оборудования	По типам станков	По ходу технологических процессов	По ходу технологических процессов
Применяемые разметки	Широкое	Ограниченное, лишь для крупных и сложных деталей	Не применяется
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 др. точные методы литья, штамповки, прессования и т.д.
Методы достижения точности	Метод индивидуальной пригонки	Метод полной и неполной (частичной взаимозаменяемост и)	Методы полной и селективной взаимозаменяемости

Продолжение табл. 3.3

1	2	3	4
Степень детализации технологических процессов	Простейшие технологические разработки (маршрутные техпроцессы)	Более детальные технологические разработки (маршрутно- операционные и операционные техпроцессы)	Подробные технологические разработки (операционные техпроцессы). Исследование технологических процессов
Виды нормирования работ	Укрупненное нормирование	Техническое нормирование серийного производства	Детальное нормирование. Хронометражное исследование операций
Квалификация рабочих	Высокая	Различная	Низкая (при наличии высококвалифициро ванных наладчиков)
Себестоимость продукции	Высокая	Средняя	Самая низкая

На первом этапе проектирования тип производства ориентировочно может быть определен в зависимости от массы детали и объема выпуска по табл. 3.4.

Таблица 3.4 - Зависимость типа производства от объема годового выпуска (шт.) и массы детали

Масса детали, кг	Тип производства				
	Единичное	Мелко-серийное	Средне-серийное	Крупно-серийное	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	50000
> 10	< 10	10-200	200-10000	10000-25000	25000

После установления типа производства необходимо определить его организационно-технологическую характеристику. При этом необходимо:

- а) определить форму организации производственного процесса;
- б) рассчитать такт выпуска изделий (крупносерийное, массовое производство) или величины партий их запуска в производство.

Согласно ГОСТ 14.312-74 форма организации производства может быть поточной или групповой. Она определяет порядок выполнения операций технологических процессов, направление движения деталей в процессе их изготовления, расположение технологического оборудования и рабочих мест. При поточной организации производства такт производства деталей определяется по формуле

$$\tau_{\text{г}} = \frac{60 \cdot F_{\text{д}}}{N} \text{ мин.}; \quad (3.9)$$

где  $F_{\text{д}}$  - действительный годовой фонд времени, ч.; 4015 при двух сменной работе оборудования.

$N$  - годовая программа выпуска деталей, шт.

Групповая форма организации производства характеризуется периодическим запуском деталей партиями.

Количество деталей в партии для одновременного запуска определяется упрощенным способом по формуле

$$n = \frac{N \cdot a}{254} \text{ шт.} \quad (3.10)$$

где  $a$  - периодичность запуска в днях (рекомендуется следующая периодичность запуска деталей: 3, 6, 12, 24 дня);

254 - количество рабочих дней в году.

Размер партии может быть скорректирован с учетом удобства планирования и организации производства. С этой целью размер партии принимают не менее сменной выработки.

### **3.3 Анализ исходных данных для разработки технологического процесса**

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

#### ***Анализ рабочего чертежа детали***

Прежде всего, следует выяснить служебное назначение детали в машине (узле), определить степень ее важности для эксплуатации машины (узлов) и затем провести подробный анализ технических требований на изготовление по чертежу детали (п. 3.2.1). В результате анализа необходимо сформулировать основные технологические задачи, которые необходимо решить при обработке детали, и при необходимости, откорректировать рабочий чертеж детали.

Основные технологические задачи включают:


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

По всем этим группам технологических задач необходимо подробно изучить технические требования на изготовление с перечислением наиболее ответственных.

Анализ технических требований, методы обеспечения этих требований и методы контроля сводятся в таблицу. Пример таблицы приведен в табл. 3.5.

Таблица 3.5- Анализ технических требований

Технические требования	Методы обеспечения	Методы контроля
1	2	3
HRC <sub>3</sub> 45...48	Закалка в масле Низкотемпературный отпуск.	Твердомер Роквелла.
$\sqrt{R_a 12,5}$ Ø 170 h14 (-1,0)	Точение однократное	Скоба 8113-0217 h14 ГОСТ 18363-73
 Допуск радиального биения поверхности Ø 32f7 относительно оси вала равен 0,04 мм	Обеспечивается инструментом на чистовом шлифовании при базировании по центровым отверстиям.	Индикатор ЧТ ГОСТ 577 - 68

В такой последовательности анализируют технические требования, обязательно отмечая наиболее высокие из них. Особое внимание обращают 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 проекции, 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 размеров в соответствии с ГОСТ 2.307-83, "Нанесение размеров и предельных отклонений" (см. п. 2.2.1).

### 3.4 Разработка технологического процесса обработки детали

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

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 технологический процесс изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками.

Как правило, в курсовых проектах разрабатывают единичные технологические процессы, отличающиеся оригинальностью, что позволяет обеспечить самостоятельность работы студентов и использовать в проекте наиболее прогрессивные технологические решения.

Общие правила разработки технологических процессов определены ГОСТ 14.301-83, 14.3175.

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

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

Для разработки технологического процесса необходимо проанализировать заводской технологический процесс, а если такового нет, то выбрать типовой техпроцесс обработки аналогичной детали (см. п. 5). Затем следовать алгоритму по схеме рис. 3.1.

#### ***3.4.1 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 производства. 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.

Основоположителем идей типизации явился 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, осуществляемых на однородном оборудовании с применением однотипных 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 и классификатор ЕСКД, который включает 49 классов деталей.

В соответствии с вышеперечисленными признаками деталь, для которой требуется разработать технологический процесс, следует отнести к определенному классу.

Для одной и той же детали при одинаковой производственной программе может быть разработано несколько вариантов технологических процессов. В зависимости от опыта технического персонала и жестких производственных условий эти варианты иногда отличаются друг от друга маршрутом и содержанием операций, являясь в то же время равноценными по технико-экономической эффективности.

Типовые технологические процессы для основных представителей деталей приведены ниже (п. 5). Типовой маршрут дает один из наиболее рациональных вариантов решения основных технологических задач для рассматриваемой детали.

Выбранный типовой технологический процесс является канвой проектируемого процесса.

Типовой маршрут следует изменить с учетом конкретных особенностей детали.

### ***3.4.2 Анализ заводского технологического процесса обработки детали***

В том случае, когда подготовка к выполнению выпускной квалификационной работы начинается во время прохождения студентами преддипломной практики и изучаются действующие на производстве технологические процессы, то возникает необходимость их глубокого анализа с точки зрения обеспечения качества продукции. При этом следует выяснить правильно ли он составлен для выполнения требований чертежа и соблюдаются ли все требования технологического процесса в цехе.

Для этого рассматривают следующие вопросы:

- 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);
- определение технологической себестоимости;
- соблюдение технологического процесса на операциях и качество обработки деталей.

Вопросы анализа заводского технологического процесса обработки детали подробно рассмотрены в [1].

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

При разработке такого направления выпускной квалификационной работы 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.

### **3.4.3 Выбор исходной заготовки и метода ее изготовления**

Способ получения заготовок деталей машин определяется назначением и конструкцией детали, её материалом, техническими требованиями, объемом выпуска продукции и типом производства, а также экономичностью изготовления.

При выборе заготовки необходимо решать следующие задачи:

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

Выбор заготовки можно достаточно достоверно оценить по:

- коэффициенту использования материала, как отношение массы детали к массе заготовки ( $K=G_D/G_Z$ ). При этом учитываются следующие рекомендации: в массовом производстве  $K \geq 0,85$ ; в серийном производстве  $K \geq 0,5 - 0,6$ ;
- минимальной величине приведенных затрат на изготовление детали по следующей формуле:

$$C_z = M_z \cdot C_z - M_o \cdot C_o \quad (3.11)$$

где  $M_z$  – масса заготовки, кг;

$C_z$  – цена заготовки, руб./кг, определяется по прейскурантам с учетом индекса цен.

$M_o$  – масса реализуемых отходов, образующихся при механической обработке (стружка), кг, определяется как разность между массами заготовки и детали

$$M_o = M_z - M_D; \quad (3.12)$$

$C_o$  – цена реализуемых отходов, руб./кг, определяется по прейскуранту с учетом индекса цен [табл.3.6];

### **3.4.4 Экономическое обоснование выбора заготовки**

При выборе вида заготовки для вновь проектируемого технологического процесса возможны следующие варианты:

1. Метод получения заготовки принимается аналогичным существующему на данном производстве.
2. Метод изменяется, однако не вызывает изменений в технологическом процессе механической обработки.

3. Метод изменяется и влечет за собой изменения в ряде операций механической обработки детали.

В первом варианте достаточно ограничиться обоснованием оптимальности метода, ссылаясь на справочную и техническую литературу. Это должно быть отмечено также и при анализе заводского технологического процесса. Так как стоимость заготовки не изменяется, она не учитывается при определении технологической себестоимости.

Во втором случае предпочтение следует отдавать заготовке, характеризующейся лучшим использованием металла и меньшей стоимостью. Рассчитать стоимость заготовки можно до определения технологической себестоимости варианта техпроцесса.

В третьем случае вопрос о целесообразности определенного вида заготовки может быть решен лишь после расчета технологической себестоимости детали по сравниваемым вариантам. Предпочтение следует отдавать заготовке, которая обеспечивает меньшую технологическую себестоимость детали. Если же сопоставляемые варианты оказываются равноценными, предпочтение следует отдавать варианту заготовки с более высоким коэффициентом использования материала.

В выпускной квалификационной работе предлагается провести упрощенное сравнение возможных вариантов получения заготовки в два этапа:  
 - сравнение методов получения заготовки по коэффициенту использования материала  $K_{им}$  (3.1). При этом учитываются следующие рекомендации: в массовом производстве  $K_{им} \geq 0,85$ ; в серийном производстве  $K_{им} \geq 0,5 \dots 0,6$ ;  
 - сравнение методов получения заготовки на основании расчета стоимости заготовки (в рублях) с учетом ее черновой обработки  $C_3$  (3.11).  
 Техничко-экономическое сравнение получения заготовок двумя способами приводятся в таблице 3.37.

Таблица 3.37 - Техничко-экономическое сравнение двух вариантов получения заготовок.

Показатели	Способы получения заготовки		Экономия «+» или перерасход «-» второго варианта по сравнению с первым вариантом	
			на одну деталь	на годовую программу
Масса детали, кг			-	-
Масса заготовки, кг			«+» или «-»	
Коэффициент			-	-

использования металла				
Стоимость заготовки, руб.			«+» или «-» »	

Выбрав метод получения заготовки, необходимо определить ее форму и изобразить соответствующий эскиз в ПЗ. Окончательно размеры заготовки должны быть определены после расчета припусков на обработку в п. 3.5.1.

#### **3.4.5 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.

Основные принципы, которыми целесообразно руководствоваться при выборе технологических баз 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 и т.п.);
- базы должны обеспечивать хорошую устойчивость и надежность 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 взаимное расположение поверхностей.

После того как конструкторский чертеж детали скорректирован (отработан на технологичность), определены базы на заключительных операциях 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.** В данном случае решается следующий круг вопросов:

- обеспечивается правильность взаимного 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 1-й операции;

- осуществляется подготовка технологических баз для дальнейших операций. При этом комплект поверхностей, используемый в качестве технологической базы на дальнейших операциях, желательно обработать за один установ;

- 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. К таким операциям, например, относятся бесцентровое шлифование, бесцентровое обтачивание, развертывание качающимися развертками, свободное протягивание и т.п.

В единичном и мелкосерийном производстве равномерного распределения припусков на отливках и поковках обычно добиваются применением разметки заготовок с последующей выверкой их положения на станке при первой операции обработки или выверкой положения режущего инструмента по разметочным рискам и кернам.

***Требования, предъявляемые к черновой базе.***

1. Черновая база должна быть характерной для данной детали поверхностью, т.е. занимать возможно более определенное положение относительно других поверхностей детали.

2. Для повышения точности базирования и надежности закрепления заготовки в приспособлении черновая база должна иметь достаточные размеры, возможно более высокую степень точности (правильность и постоянство

формы и взаимного расположения баз у различных заготовок) и наименьшую шероховатость поверхности.

3. В качестве черновых баз не следует использовать поверхности, на которых расположены в отливках прибыли и литники, а также швы, возникшие в местах разъемов опок и пресс-форм в отливках под давлением и штампов в поковках и штамповках. Поверхности, находящиеся при формовке внизу, в качестве баз обычно предпочтительнее верхних поверхностей, т.к. последние имеют более рыхлое строение и большое количество раковин.

4. Черновая база должна обеспечивать при закреплении устойчивое положение детали при отсутствии ее деформации.

5. В связи с тем, что точность необработанных поверхностей, применяемых в качестве черновых баз, всегда ниже точности обработанных поверхностей, а шероховатость выше шероховатости обработанных поверхностей, «черновая база» должна использоваться при обработке заготовки только один раз при выполнении первой операции. При всех последующих операциях используют уже обработанные базы.

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

1. Используют принцип «кратчайших путей», согласно которому в качестве технологических баз принимают те поверхности, которые связаны с обрабатываемой поверхностью кратчайшей размерной цепью.

2. Не меняют без оснований базы, т.к. переход от одной базы к другой всегда вносит дополнительную ошибку во взаимное расположение поверхностей, обработанных на первой и второй базах. Эта ошибка равна погрешности во взаимном расположении баз.

3. Переходят при смене баз от менее точной к более точной базе, т.к. обработка детали на каждом предшествующем этапе подготавливает ее к обработке на последующих этапах, учитывая, что при переходе от одного этапа к другому должны повышаться не только точность размеров и формы, но и точность взаимного расположения.

4. После термообработки выбирают базы, играющие роль черновых баз. Используя их, вводят 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 выше изложенным рекомендациям, в курсовом проекте обосновать выбор технологических баз для всех операций техпроцесса механической обработки детали, показать их на эскизе детали и разработать основные схемы базирования так, как представлено на примерах в прил. 14.

#### ***3.4.6 Выбор методов обработки***

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 [23, 26, 1].

Обработку поверхностей можно выполнять в один или несколько переходов, на каждом из которых используют свой метод обработки. Если заготовка имеет высокую точность, 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 на каждом последующем переходе обработки обычно повышается на черновых переходах на один-три квалитета, на чистовых – на один-два квалитета по точности размера.

Заданная точность поверхности может быть обеспечена, как правило, сочетаниями нескольких вариантов 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 [23].



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.

Для ориентировочного выбора маршрута обработки элементарной поверхности в зависимости от качества и шероховатости можно использовать специальные таблицы [1, 23].

Варианты выбираемых методов обработки можно записать в виде таблицы 3.38.

Таблица 3.38 - Варианты методов обработки поверхностей (МОП)

№ поверхности	Вид поверхности	Квалитет точности	Шероховатость	Варианты		
				1	2	3

### ***3.4.7 Разработка технологического маршрута обработки детали***

На этом этапе решаются следующие задачи: разрабатывается общий план обработки детали, уточняются методы обработки поверхностей детали и технологические базы, предварительно выбираются средства технологического оснащения, намечается содержание операций.

Технологический маршрут проектируют на основе выбранного аналога – типового технологического маршрута или заводского (базового).

Типовой маршрут является основой проектируемого. При изменении и дополнении типового маршрута руководствуются следующими методическими соображениями: при анализе типового маршрута и при проектировании рабочего необходимо разделить технологический процесс на этапы, выполняемые в порядке возрастания точности этапа, т.е. от черновых к чистовым. Различают три укрупненные стадии обработки: а) черновую (обдирочную), б) чистовую и в) 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 этой обработки часто вводят операции термообработки для снятия внутренних напряжений. Целью чистовой обработки является достижение заданной точности поверхностей детали и точности их взаимного расположения. Основное назначение отделочной обработки – обеспечение требуемой точности и шероховатости особо точных поверхностей.

Следует отметить, что разделение технологического маршрута на три стадии обработки не во всех случаях целесообразно. Например, при обработке детали с повышенной 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 установки.

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

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

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

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

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

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

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

ж) обрабатывают легко повреждаемые поверхности (наружные зубчатые или шлицевые поверхности и т.п.);

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

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

Предусматриваются и необходимые контрольные операции с выбором средств технического контроля и измерений.

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

Выбранные средства технологического оснащения уточняются при определении содержания операций.

В курсовом проекте для обработки деталей рекомендуется составлять несколько вариантов (два-три) маршрутного техпроцесса, сопоставлять их и выбрать оптимальный. Варианты могут отличаться технологическими базами, последовательностью обработки поверхностей и выполнения операций, применяемым оборудованием (станком), режущим инструментом и др.

Критериями выбора варианта техпроцесса являются:

а) обеспечение заданной точности по всем размерам и заданных параметров шероховатости;

б) число, сложность и ориентировочная стоимость технологического оборудования и оснастки (режущих инструментов, приспособлений, средств измерений и др.);

в) организационно-технические характеристики производства (потребности в производственных площадях, рабочих и др.);

г) 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. Разработанный технологический маршрут обработки детали оформляется на бланках маршрутных карт (МК) ГОСТ 3.1118-82 (форма 1 и 1б).

#### ***3.4.8 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) определяется: методом обработки; возможностью обеспечить точность размеров и формы, а также качество поверхности изготавливаемой детали; габаритными размерами

заготовок и размерами обработки; мощностью, необходимой на резание; производительностью и себестоимостью в соответствии с типом производства; возможностью приобретения и ценой станка; удобством и безопасностью 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 на 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 в следующих случаях:

- 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 по 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.

Решение о применении станков с ЧПУ часто принимается с учетом одного или двух из этих условий.

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

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

Выбор оборудования определяется следующими коэффициентами:

- загрузки оборудования  $K_3 = \frac{C_p}{C_{np}}$ , где  $C_p$  – расчетное количество

станков на операции;  $C_{np}$  – принятое количество станков; для массового производства  $K_3 = 0,65 \dots 0,77$ ; для серийного –  $0,75 \dots 0,85$ ; для мелкосерийного и единичного –  $0,8 \dots 0,9$  (п. 3.2.3);

- использования станков по основному времени  $K_o = t_o / t_{шт}$  – для массового производства;  $K_o = t_o / t_{шк}$  – для серийного производства, где  $t_o$ ,  $t_{шт}$ ,  $t_{шк}$  – соответственно основное, штучное и штучно-калькуляционное время, которое можно определить по укрупненным нормативам (прил. 13). Необходимо стремиться к значению  $K_o = 1$ . Высокий коэффициент использования оборудования по основному времени характеризует рациональное построение операций. Коэффициент использования станков по основному времени колеблется в широких пределах: от 0,35-0,45 для протяжных станков до 0,85-0,95 для непрерывного фрезерования на карусельных и барабанных станках.

Модели и технические характеристики станков, выпускаемых серийно и используемых в разрабатываемом техпроцессе приводятся в каталогах и справочниках [26, 27, 12, 13].

Общие правила выбора технологического оборудования установлены ГОСТ 14.305, 14.306.

Режущий инструмент выбирают с учетом:

- 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 определяют исходя из промежуточных размеров обработки (зенкеров, разверток, протяжек и т.д.), размеры других инструментов (резцов, расточных борштанг и т.д.) из расчета на прочность и жесткость.

Средства технического контроля выбирают с учетом точности измерений, достоверности контроля, его стоимости и трудоемкости, требований техники безопасности и удобства 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 [3, 5]. Специальная оснастка разрабатывается на основе составленных технических заданий. Методика проектирования специального приспособления приведена в разделе 4.

При поточной организации производства средства технологического оснащения располагаются в соответствии с последовательностью выполнения операций техпроцесса и специализацией рабочих мест.

### ***3.4.9 Разработка технологических операций обработки детали***

При проектировании технологической операции решается комплекс вопросов: уточняется содержание операции, т.е. последовательность и содержание переходов; выбираются средства технологического оснащения (или составляются задания на их проектирование), 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 на операции, сведений о точности и шероховатости поверхностей до и после обработки на данной операции, припусков на обработку, такта выпуска или размера партии деталей (в зависимости от типа производства). При уточнении содержания операции окончательно устанавливается, какие поверхности детали будут обрабатываться на 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. Схемы операций (обработки) приведены ниже в прил. 15.

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 различают два принципиально различных направления: концентрация операций, т.е. объединение нескольких операций в одну; дифференциация операций, т.е. расчленение одной операции на несколько простейших.

В единичном мелко 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 привести обоснование применяемых схем и принципов построения операций.

Заполнить технологические карты для каждой операции (ОК и КЭ) в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1404-86 и ГОСТ 3.1105-84 (п. 2.3).

### **3.5 Технологические расчеты**

Для обеспечения наиболее рациональных путей обеспечения заданных требований в выпускной квалификационной работе необходимо выполнить следующие расчеты: расчет припусков, расчет точности обработки, расчет технологических размерных цепей, расчет режимов резания, расчет технических норм времени. Методика выполнения расчетов изложена ниже.

В результате проведенных расчетов внести изменения, если необходимо, в содержание технологических операций, а также записать расчетные данные в

маршрутные (МК) и операционные карты (ОК). Окончательно оформить операционные карты и карты эскизов (КЭ).

Рекомендуется выделить одну операцию, для которой произвести все вышеуказанные технологические расчеты и в дальнейшем для нее же разработать конструкцию приспособления.

#### **4 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ**

В выпускной квалификационной работе должна присутствовать конструкторская разработка станочного зажимного приспособления, контрольно-измерительного инструмента либо приспособления и режущий инструмент.

##### **4.1 Расчет и проектирование станочного приспособления**

В процессе проектирования станочного приспособления, необходимо соблюдать правила выбора баз, стабильного взаимного положения заготовки и режущего инструмента при обработке, удобную установку, контроль и снятие детали, свободное удаление стружки, удобство управления станком и приспособлением, а также условия, обеспечивающие безопасность работы и обслуживания данного приспособления.

При проектировании станочного приспособления следует произвести расчет погрешности базирования в зависимости от способа установки заготовки по общепринятым формулам.

При разработке конструкции станочного приспособления необходимо стремиться к уменьшению времени на установку и съём обрабатываемой детали, к повышению режимов резания и к одновременному обрабатыванию нескольких заготовок в одной операции.

В начале проектирования приспособления необходимо разработать принципиальную схему базирования и закрепления детали, определить число заготовок, подлежащих одновременной обработке, а потом произвести общую компоновку приспособления и всех его элементов.

В зависимости от объема выпуска изделий выбирают конструкцию и привод зажима заготовки, а также быстроизнашиваемые детали приспособления. Необходимо определить тип и размер установочных элементов, их число и взаимное положение и увязать это с требуемой точностью обработки заготовки на данной операции, а также рассчитать силу зажима и на ее основании выбрать тип зажимного устройства.

При выборе основных и вспомогательных элементов приспособления следует использовать стандартные конструкции изделий.

Разработку общего вида (сборочной единицы) приспособления начинают с нанесения на лист выбранного формата контуров обрабатываемой детали в необходимом количестве проекций на таком расстоянии, чтобы оставалось



достаточно места для размещения на проекциях всех элементов (деталей) приспособления, размеров и позиций.

На сборочном чертеже приспособления указывают необходимые размеры, которые обеспечивают точность расположения элементов приспособления, справочные размеры (монтажные, установочные и др.). На свободном поле чертежа над штампом основной надписи размещают технические требования на изготовление станочного приспособления.

На сборочном чертеже приспособления все составные части (сборочные единицы и детали) нумеруют. Номера позиций располагают параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируют в колонку или строчку по возможности на одной линии. На листе сборочного чертежа приспособления допускается помещать в правом верхнем углу операционный эскиз.

В процессе проектирования станочного приспособления необходимо выполнять требования Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и государственных стандартов на все элементы проектируемого приспособления.

При проектировании приспособлений необходимо использовать стандартизованные и унифицированные элементы приспособлений, что позволит сократить цикл подготовки производства и снизить себестоимость изготовления оснастки на 20—30 %.

#### **4.2. Расчет и проектирование режущего инструмента**

При проектировании технологического процесса механической обработки необходимо стремиться к использованию стандартного режущего инструмента, который исключает дополнительные производственные затраты. В крупносерийном и массовом производствах следует применять специальный режущий инструмент, который позволяет производить одновременную обработку нескольких поверхностей или одну сложную поверхность, которая требует совмещения продольных и поперечных подач или специальных приспособлений. Применение специального режущего инструмента позволяет сократить машинное и вспомогательное время в процессе обработки на одной операции или перехода.

При выборе конструкции специального режущего инструмента необходимо производить технико-экономический расчет целесообразности его применения в разрабатываемом технологическом процессе механической обработки заготовки. Для проектирования и расчета, специального режущего инструмента выбирают разной конструкции фасонные резцы, протяжки фасонные фрезы, комбинированные сверла, зенкеры, развертки, червячные фрезы, хонинговальные головки, резьбонарезные инструменты и т.п. При проектировании режущего инструмента необходимо производить расчеты геометрических параметров, формы и размеров инструмента, а также расчет на прочность с выполнением графических построений.

При разработке рабочих чертежей на режущий инструмент необходимо выполнять требования системы ЕСКД и отдельных государственных стандартов на конструкторскую документацию. На рабочих чертежах инструментов должны быть указаны необходимые размеры для изготовления, предельные отклонения на размеры, форму и взаимное расположение отдельных элементов поверхностей детали (овальность, огранка, конусообразность, несносность и т.д.), твердость рабочей и соединительной частей, материал режущей части инструмента. Методика последовательности расчета режущего инструмента приведена в учебной и справочной литературе.

#### **4.3. Расчет и проектирование контрольно - измерительного инструмента (приспособления)**

Повышение качества продукции машиностроения во многом зависят от правильной организации технического контроля и применения прогрессивных методов контроля. Рост объемов выпуска однородной продукции требует обеспечения однородности основных параметров в каждом изделии и сохранения необходимого уровня качества выпускаемой продукции в процессе производства.

В зависимости от контролируемых изделий контроль может быть сплошным или выборочным. Сплошной контроль исключает возможность попадания дефектной продукции потребителю, однако этот метод очень трудоемкий и при выпуске большого объема изделий является экономически нецелесообразным. Более рациональным методом контроля в массовом производстве является выборочный контроль.

Для контроля промежуточных и окончательных размеров изделий используется как стандартный, так и специальный измерительный инструмент или специальные контрольные приспособления. Для конструирования измерительного инструмента в выпускной квалификационной работе могут быть предельные специальные калибры для цилиндрических, конусных, резьбовых, шлицевых, шпоночных поверхностей.

Для процесса контроля изделий могут быть спроектированы простые контрольные приспособления.

При проектировании контрольных предельных калибров производят расчет исполнительных размеров и строят схему взаимного расположения полей допусков измеряемого изделия.

Рабочий чертеж измерительного инструмента должен соответствовать требованиям системы ЕСКД, а также должен иметь технические требования на изготовление.

## 5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 5.1 Производственные расчеты

#### 5.1.1. Составление сводной таблицы норм времени на деталь

Таблица 5.1 — Сводная таблица норм времени на деталь (берется из технологического раздела)

№ опер.	Наименование операции	Разряд работы	Норма времени, мин	
			Тш	В т. ч. Тм
1	2	3	4	5
005				
010				
015				
020				
025....				
Итого:				

#### 5.1.2. Определение потребного количества оборудования и его загрузки

Расчет потребного оборудования для каждой операции следует производить по формуле:

$$C_p = \frac{T_{шт}}{\tau} \quad (5.1)$$

где  $\tau$  - такт выпуска, мин (берется из технологического раздела)

Таблица 5.2 — Ведомость оборудования на участке

№ опер	Наименование оборудования	Модель станка	Кол-во оборуд.		Коэф. Загрузк и $K_z = C_p / C_{сп}$	Затраты на оборудование, руб.			
			$C_p$	$C_{сп}$		Цена на единицу по прейскуранту, руб.	Затраты на все оборудование	Расходы на транспорт и монтаж	Полная стоимость обор.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
005									
010									
015									
020									
025..									
Итого									

По расчётам и по принятому количеству оборудования при изготовлении детали ..... необходимо ..... единиц технологического оборудования.

### 5.1.3. Определение коэффициента загрузки оборудования

Коэффициент загрузки технологического оборудования должен быть в пределах от 0,7 до 1,03. Если меньше 0,7, то технологическое оборудование считается не до загруженным и его можно до загрузить однотипными деталями. Если больше 1,03, то технологическое оборудование считается перегруженным и его необходимо разгрузить.

$$K_z = \frac{C_p}{C_{пр}} \quad (5.2)$$

Среднее значение коэффициента загрузки определяется по формуле:

$$K_{зср} = \frac{\sum C_p}{\sum C_{пр}} \quad (5.3)$$

### 5.1.4. Определение производственной площади участка, м<sup>2</sup>

$$S_{уч} = L \times B, \quad (5.4)$$

где L — длина участка, м;

B — ширина участка, м;

### 5.1.5. Определение объема здания, занимаемого участком, м<sup>3</sup>

$$V_{зд} = S_{уч} \times h, \quad (5.5)$$

где h — высота здания, м; 8 (от пола до подкрановых путей)

### 5.1.6. Определение потребного количества рабочих

Расчет численности работающих на участке производится по каждой операции в отдельности.

Определение численности основных рабочих производится по каждой операции по формуле:

$$P = \frac{T_{шт} \times N}{F_{др} \times 60 \times K_M}, \quad (5.6)$$

где  $F_{др}$  — действительный годовой фонд времени рабочего, час; 1800

$K_M$  — коэффициент многостаночного обслуживания, учитывающий количество станков, одновременно обслуживаемых одним рабочим

$$K_M = \frac{T_M}{T_{руч}} + 1, \quad (5.7)$$

где  $T_M$  — длительность машинно-автоматической работы, мин;

$T_{руч}$  — время выполнения ручной работы, мин

Расчет необходимого количества производственных рабочих (операторов) для обслуживания автоматических линий производится по нормам, приведенным в приложении.

Возможность применения многостаночного обслуживания подтверждается циклограммами многостаночного обслуживания на операциях, где оно применяется.

Количество основных рабочих, требующихся для работы на проектируемом участке.

Таблица 5.3 — Ведомость основных рабочих на участке

№ операции	Профессия	C <sub>пр</sub>	Разряд рабочего	Коэффициент многостаночного обслуживания K <sub>м</sub>	Количество рабочих		Примечание
					P <sub>р</sub>	P <sub>пр</sub>	
1	2	3	4	5	6	7	8
005							
010							
015							
020							
025							
...							
Итого							

Определение среднего коэффициента загрузки основных рабочих:

$$K_{\text{зср}} = \frac{\sum P_{\text{р}}}{\sum P_{\text{пр}}} \quad (5.8)$$

Определение среднего тарифно-квалификационного разряда основных рабочих:

$$P_{\text{тср}} = \frac{2 \times P_2 + 3 \times P_3 + 4 \times P_4 + 5 \times P_5}{P_{\text{осн}}} \quad (5.9)$$

Используя нормативные данные, определяем численность вспомогательных рабочих по профессиям и устанавливаем для них разряды.

Численность наладчиков и слесарей – ремонтников определяется по формуле:

$$P_{\text{н.сл-рем}} = \frac{M_o \times C}{M_n \times K_{\text{ив}}}, \quad (5.10)$$

где M<sub>о</sub> – общее количество обслуживаемых станков;

C – количество смен; 2

M<sub>н</sub> – норма обслуживания одним человеком (для наладчика 10 станков, для слесаря– ремонтника 25 станков)

K<sub>ив</sub> – коэффициент использования рабочего времени; 0,9

Численность рабочих – контроллеров принимается из норматива один человек на 10 основных рабочих.

Устанавливаем для вспомогательных рабочих разряды:

для наладчиков – 5 разряд;

для слесарей – ремонтников 6 разряд;

для контроллеров – 3 разряд.

Расчет необходимого количества наладчиков для наладки оборудования автомобильных линий производим по нормам.

Расчет численности ИТР, служащих МОП. Численность ИТР принимается от численности основных и вспомогательных рабочих МОП (уборщицы) принимаются на 300 – 350 м<sup>2</sup> убираемой площади, т.к.  $S_{уч} = 270 \text{ м}^2$ , то принимается 1 уборщицу.

Таблица 5.4 — Ведомость рабочих на участке

Категория работающих	Всего человек	В т.ч. по сменам		В % от общего количества работающих
		I	II	
1	2	3	4	5
Основные рабочие				
Вспомогательные рабочие				
ИТР				
МОП (уборщица)				
Итого				100%

## 5.2 ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ

### а) Руководство участком и обязанности мастера участка

Важнейшим звеном производственной структуры цеха является производственный участок или отделение, во главе которого стоит мастер.

Мастер или начальник участка непосредственно организатор процесса производства в своем подразделении.

Он имеет право: производить расстановку рабочих на участке, по согласованию с начальником цеха освобождать измерений рабочих. Мастер является непосредственным руководителем коллектива производственной бригады, организатором труда и производства, воспитанием рабочих на возглавленном им участке.

Мастер должен быть активным проводником технологического процесса на участке, примером показывать образец сознательности и трудолюбия.

Мастер обязан:

— Обеспечить выполнение производственной программы по всем технико-экономическим показателям.

— Ежедневно заниматься с подчиненными.

— Правильно расставить рабочих на участке.

— Обеспечить строгое выполнение правил техники безопасности.

— Совместно с технологами совершенствовать технологический процесс на своем участке.

— Считать процент брака.

Мастер должен обеспечить:

— Воспитание у рабочих чувства коллективизма, сознательное отношение к труду.

— Соблюдение установленных норм и нормативов расходов трудовых и материальных ресурсов, правил эксплуатации оборудования. Мастер имеет право перемещать рабочих в пределах бригады с одного рабочего места на другое, участвовать в разработке и обслуживании, обсуждение о текущих и перспективных, а так же встречных планах обязательств в бригадах.

Таким образом, мастер является не только техническим и хозяйственным руководителем, но и воспитателем рабочих.

Мастера, начальники участков широко привлекаются к управлению производством, участию в обсуждении текущих и перспективных вопросов технического и экономического развития предприятия, принятию решений по вопросам, затрагивающим интересы производственных участков.

Мастера имеют право премировать отдельных рабочих за счёт средств премиального фонда.

Все эти меры обеспечат дальнейшее повышение роли и авторитета мастеров, окажут им всемерную помощь и поддержку в выполнении возложенных на них задач по руководству трудовыми коллективами производственных участков.

### **б) Организация технического контроля**

Технический контроль является неотъемлемой частью производственного процесса. Сектор технического контроля цеха является структурным подразделением ОТК завода и подчинен непосредственно начальнику ОТК и его заместителю. Основной задачей является контроль соответствия качества выпускаемой продукции требованиям чертежа и техническим условиям. Контроль должен быть профилактическим, то есть предупреждающим массовый брак, точным, объективным с наименьшей трудоемкостью.

Виды и методы контроля:

— Выборочный, при котором проверяется несколько деталей и по их качеству судят о качестве всей партии.

— Стационарный контроль – периодическое наблюдение за качеством выполнения технического процесса непосредственно на рабочем месте самого рабочего.

— Летучий контроль – контроль деталей, изделий, осуществляемы на рабочем месте контролера, куда объекты контроля направляются после завершения операции.

Технический контроль осуществляется в три этапа:

— Предварительный контроль.

— Промежуточный контроль – контроль после выполнения какого-то производственного процесса.

— Окончательный контроль – контроль деталей, изделий, полностью изготовленных, которые направляются в следующий цех или к потребителю.

Технический контроль осуществляется тремя методами:

— Визуальный контроль – проводится с целью обнаружения внешних эффектов, царапин и т.п. Проводится как невооруженным глазом, так и с помощью луп.

— Геометрический контроль – проверка точности геометрической формы и размеров, при этом используется разнообразный инструмент и шаблоны.

— Лабораторный контроль осуществляется для установления механических, физических и других свойств материалов, заготовок, деталей. Производится в лабораторных условиях перед запуском деталей в производство.

Технический контроль осуществляется контролером, но в последнее время эту функцию берут на себя основные рабочие, мастера.

Для улучшения качества продукции можно провести следующие мероприятия:

— Внедрение кружков качества.

— Более активное использование летучего контроля.

— Применение эффективной формы премирования рабочих.

— Перевод рабочих на самоконтроль.

### **в) Организация рабочего места станочника**

Рабочее место это участок производственной площади, оснащенный оборудованием и другими средствами труда, соответствующими характеру работ, выполняемых на этом рабочем месте.

Организовать рабочее место – это значит выбрать оснащение и правильно его разместить на отведенной для рабочего места площади, то есть выполнить его планировку.

Оснащение рабочего места делиться на основное техническое оборудование, организационную оснастку, защитное средство; все оснащения



рабочего места должны быть спроектированы с учетом экономики и технической эстетики.

При проектировании рабочего места нужно стремиться создать условия для выполнения работ сидя, так как работа стоя требует значительные энергетические затраты, устранить особо утомительные движения – нагибание корпуса. Должно быть предусмотрено индивидуальное освещение, обеспечивающее нормальную освещенность рабочего места. Большое внимание уделяется конструкции инструментальных тумбочек и правильному расположению в них необходимых для работы инструментов. Для устранения простоев и лучшего использования рабочего места на мен устанавливают специализацию. Чисто на рабочем месте влияет на производительности труда и качество выпускаемой продукции.

Все рабочее место соответствует требованиям НОТ и промышленной санитарии.

Под организацией рабочего места понимают систему мероприятий по созданию на рабочем месте необходимых условий для достижения высокой производительности труда и при минимальной утомляемости и наиболее полным использованием технических возможностей оборудования.

Рациональная организация рабочих мест оказывает весьма заметное влияние на повышение производительности труда, не требуя от предприятия значительных материальных затрат.

Организация рабочих мест часто свидетельствует об уровне организации всего предприятия. Она зависит от особенностей выполняемых работ, степени их механизации и форм специализации и кооперации труда.

По степени механизации выполняемых операций рабочие места подразделяют на автоматические и полуавтоматические машинные, машинно-ручные и ручные. В зависимости от числа обслуживаемых станков – одностаночные и многостаночные, а в зависимости от характера работы – стационарные и передвижные.

Рациональная организация труда и рабочих мест предъявляет существенные требования к пространственному размещению всех предметов труда, оборудования и оснащения, к обслуживанию рабочего места, к конструкции оборудования и оснастки, к физиологическим и гигиеническим условиям труда, к эстетическому оформлению техники и интерьера.

Планировка рабочих мест, включая размещение приспособления, инструментов, заготовок и деталей, должна отвечать требованию наибольшего удобства и кратчайшего пути перемещения детали, максимальной экономии трудовых движений и росту производительности труда.

Оснащение рабочего места определяется техническим назначением и степенью его специализации, а также уровнем механизации и автоматизации выполняемых на нем работ.

Обслуживание рабочих мест является важным элементом, оно требует значительных затрат труда. Так в серийном производстве время обслуживания рабочих мест составляет 4–10% времени оперативной работы, а в некоторых случаях оно достигает 20%.

Руководящим принципом организации обслуживания рабочих мест является предупредительное обслуживание – подготовка всего необходимого на рабочем месте. На основе именно суточного задания или планов – графиков и доставка всех предметов снабжения на рабочее место.

Обслуживание рабочих мест, т.е. Своевременное комплектование их всем необходимым для выполнения заданий (документацией, инструктажем, техническим обслуживанием и ремонтом оборудования, инструментом, материалами, заготовками и т.д.) может быть организовано в формах дежурного, плано-предупредительного и стандартного обслуживания.

Дежурное обслуживание осуществляется цеховым персоналом по вызовам, поступающим от рабочих мест на основе специальных распоряжений мастеров и цехового диспетчерского аппарата.

Плано-предупредительное обслуживание основано на выполнении всех относящихся к нему работ (ремонт оборудования, снабжение инструментом, подача заготовок и т.д.) на базе соответствующих календарных плано-графиков, например, по графикам плано-предупредительного ремонта, по картам комплектования инструмента.

Наиболее совершенной формой плано-предупредительного обслуживания является стандартное обслуживание, осуществляемое в строго регламентированном порядке, по стандартному расписанию. Особенно целесообразна система стандартного обслуживания рабочих мест в условиях поточного производства, где в строго установленные сроки необходимо заменить инструмент, отремонтировать оборудование, доставлять предметы труда на рабочие места.

Выбор формы обслуживания рабочих мест зависит от типа производства. Система дежурного обслуживания должна применяться преимущественно в единичном и мелкосерийном, система плано-предупредительного обслуживания – в серийном, а система стандартного обслуживания – в массовом производстве.

### 5.3. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

#### 5.3.1. Определение фонда заработной платы основных рабочих

Основные рабочие находятся на сдельно-премиальной системе оплаты труда.

На каждой операции определяем сдельную расценку по формуле:

$$P_{\text{сд}} = \left( C_{\text{ч}} \times \frac{T_{\text{шт}}}{60} \right) \times K_{\text{п}}, \quad (5.11)$$

где  $C_{\text{ч}}$  – часовая тарифная ставка соответствующего разряда, руб.

$K_{\text{п}}$  – коэффициент понижения сдельной расценки на операциях с многостаночным обслуживанием;

Таблица 5.5 — Ведомость норм и расценок на деталь.

№ опер	Наименование операции	Разряд работы	Часовая тарифная ставка, руб.	Норма времени на операцию, мин.	Количество станков одновременно обслуживаемых одним рабочим.	Коэффициент понижения сдельной расценки.	Расценка на операцию, руб
1	2	3	4	5	6	7	8
005							
010							
015							
020							
025....							
Итого:							

На основании таблицы ..... определяем фонд заработной платы рабочих–сдельщиков. При этом принимаем для них процент премий и доплат – 80% от сдельного заработка, процент дополнительной зарплаты – 10% от фонда основной зарплаты, отчисления в соцстрах – 30% от общего фонда заработной платы.

Таблица 5.6 — Ведомость фонда заработной платы основных рабочих, руб

Категории работ их	Фонд ЗП по сделанным расценкам $\Phi_{сд} = \Sigma R_{сд} \times N$ , руб	Фонд премий и доплат $\Phi_{пр} = 0,8 \times \Phi_{сд}$ , руб	Фонд основной ЗП $\Phi_{осн} = \Phi_{сд} + \Phi_{пр}$ , руб	Фонд дополнительной ЗП $\Phi_{доп} = 0,1 \times \Phi_{осн}$ , руб	Общий годовой фонд ЗП $\Phi_{общ} = \Phi_{осн} + \Phi_{доп}$ , руб	Среднемесячная ЗП одного работника $Z_{ср} = \Phi_{общ} / (12 \times R_{осн})$ , руб	Отчисления в соцстрах $O_{сст} = 0,3 \times \Phi_{общ}$ , руб
Основные рабочие							

### 5.3.2. Расчет фонда заработной платы вспомогательных рабочих

Вспомогательные рабочие находятся на повременной – премиальной системе оплаты труда. Для наладчиков и слесарей – ремонтников планируется 80% премий и доплат, контролёров — 50%, фонд дополнительной заработной платы 10% от  $\Phi_{осн}$ , отчисления в соцстрах 30% от  $\Phi_{общ}$ .

Таблица 5.7 — Ведомость фонда заработной платы вспомогательных рабочих, руб

Категория работающих	Наладчики	Слесари–ремонтники	Контролеры	Итого
1	2	3	4	5
Количество работающих				
Разряд	V	VI	III	
Часовая тарифная ставка $C_c$				
Фонд ЗП по тарифу $\Phi_T = C_c \times F_d \times P_{всп}$				
Фонд премий и доплат				

$\Phi_{\text{пр}} = 0,8 \times \Phi_{\text{т}}$				
Фонд основной ЗП $\Phi_{\text{осн}} = \Phi_{\text{т}} + \Phi_{\text{пр}}$				
Фонд дополнительной ЗП $\Phi_{\text{доп}} = 0,1 \times \Phi_{\text{осн}}$				
Общий годовой фонд $\Phi_{\text{общ}} = \Phi_{\text{осн}} + \Phi_{\text{доп}}$				
Среднемесячная ЗП $З_{\text{ср}} = \Phi_{\text{общ}} / (12 \times P_{\text{всп}})$				
Отчисления в соцстрах $O_{\text{сс}} = 0,3 \times \Phi_{\text{общ}}$				

### 5.3.3. Определение фонда зарплаты МОП (уборщицы)

Таблица 5.8— Ведомость фонда заработной платы МОП, руб

Количество рабочих	
1	2
Часовая тарифная ставка	
Фонд по тарифу $\Phi_{\text{т}} = C \times F_{\text{д}} \times P_{\text{всп}}$	
Фонд премий и доплат $\Phi_{\text{пр.д}} = 0,5 \times \Phi_{\text{т}}$	
Фонд основных з/п $\Phi_{\text{осн}} = \Phi_{\text{т}} + \Phi_{\text{пр.д}}$	
Фонд дополнительных з/п $\Phi_{\text{доп}} = 0,1 \times \Phi_{\text{осн}}$	
Общий годовой фонд з/п $\Phi_{\text{общ}} = \Phi_{\text{осн}} + \Phi_{\text{доп}}$	
Среднемесячная з/п $З_{\text{ср}} = \Phi_{\text{общ}} / 12 \times P$	
Отчисления в социальное страхование $O_{\text{с.с}} = 0,3 \times \Phi_{\text{общ}}$	

### 5.3.4. Определение фонда заработной платы ИТР, СКП

Таблица 5.9 - Ведомость фонда заработной платы ИТР и СКП

Наименование должности	Кол. работающих	Месячн оклад Ом	Фонд заработной платы $\Phi_3 = \text{ОМ} \times 12$	Разм. Прем.	Сумма премии	Общий фонд заработной платы $\Phi_0 = \Phi_3 + \text{П}$	Сред. мес. зараб. плата $\text{З ср. м.} = \Phi_{\text{общ.}} / \text{P} \times 12$	Отчис. Осс = $0,358 \times \Phi_0$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ИТР								
СКП								
Итого								

### 5.3.5. Определение общего годового фонд зарплаты по участку

а) Определение общего годового фонд зарплаты по участку, руб:

$$\Phi_{\text{общ уч}} = \Phi_{\text{общ осн}} + \Phi_{\text{общ всп}} + \Phi_{\text{общ моп}} + \Phi_{\text{общ итр}} \quad (5.12)$$

б) Определение среднемесячной зарплаты одного рабочего, руб:

$$z_{\text{ср.м.раб.}} = \frac{\Phi_{\text{общ.ос.}} + \Phi_{\text{общ.вс.}}}{(\text{P}_{\text{осн}} + \text{P}_{\text{всп}}) \times 12} \quad (5.13)$$

в) Определение среднемесячной зарплаты одного работающего, руб:

$$z_{\text{ср.м.раб.}} = \frac{z_{\text{ср.м.раб.}} \times \text{P}_{\text{раб.}} + z_{\text{ср.м.моп.}} \times \text{P}_{\text{моп}} + z_{\text{ср.м.итр}} \times \text{P}_{\text{итр}}}{\text{P}_{\text{раб.от.}}} \quad (5.14)$$

### 5.3.6. Определение затрат на основные материалы

Таблица 5.10 — Ведомость потребностей и затрат основных материалов

Наименование детали		Вал
1		2
Годовая программа N (шт)		
Заготовка	Марка материала	
	Вид заготовки	
Норма расхода материала на одну деталь $K_3 (M_3), \text{ кг}$		
Потребность в материала на годовую программу $Q_3 = M_3 \times N, \text{ кг}$		
Плановая цена 1кг материала заготовки, руб		
Сумма затрат за год $C_3 = C_M \times N, \text{ руб}$		

Продолжение таблицы 5.10

1		2
Реализуемые отходы	Масса отходов на 1 деталь $M_o = M_3 - M_d$ , кг	
	Общее количество отходов $Q_o = M_o \times N$ , кг	
	Цена 1 кг $C_o$ , руб	
	Стоимость отходов $C_o = Q_o \times C_o$ , руб	
Итого стоимость за вычетом расходов, руб	На программу $C_d = C_3 - C_o$	
	На одну деталь $M_d = C_d / N$	

### 5.3.7. Определение стоимости основных фондов

Таблица 5.11 — Сводная ведомость основных фондов

Наименование	Сумма (руб.)	Обоснование	Амортизационные отчисления	
			%	Сумма (руб.)
1	2	3	4	5
1. Здание		$C_3 = C_{зд} \times V_{зд}$ где $C_{зд}$ – стоимость 1 м <sup>3</sup> производ-ственного здания, руб.; $V_{зд}$ – объем здания, м <sup>3</sup> ;	2,8	
2. Оборудование		Таблица	14,9	
3. Транспортные средства		$C_{тр}$ – рассчитывается в зависимости от выбранных межоперационных транспортных средств. $C_{тр} = \Sigma C_{пр} \times 4 \times C_k$ $C_k = 1900$ руб.	13,0	
4. Приспособления и инструмент		$C_{пр} = 0,1 \times C_{ст об}$	15,0	
5. Инвентарь		$C_{ин} = 0,01 \times (C_{ст об} + C_{тр} + C_{зд})$	12,0	
Итого:				

### 5.3.8. Определение цеховых расходов

Таблица 5.12 — Смета цеховых расходов по участку

Наименование статей расходов	Сумма (руб.)	Обоснование
1	2	3
1. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования.		
1.1 Амортизация оборудования, транспортных средств, ценного инструмента.		$Z_a = Z_{aоб} + Z_{aтр} + Z_{aп}$
1.2 Эксплуатация оборудования (кроме расходов на текущий ремонт).		$Z_{зо} = 0,98 \times \Phi_{осн}$
1.3 Текущий ремонт оборудования, транспортных средств, ценных инструментов.		$Z_p = 0,47 \times \Phi_{осн}$
1.4 Внутривзаводское перемещение грузов.		$Z_{пер. гр.} = 0,2 \times \Phi_{осн}$
1.5 Износ малоценных и быстроизнашивающихся инструментов и приспособлений.		$Z_{изн} = 0,68 \times \Phi_{осн}$
1.6 Прочие расходы.		$Z_{проч} = 0,08 \times \Phi_{осн}$
Итого		
2. Цеховые расходы.		
2.1 Содержание аппарата управления.		$Z_{итр} = \Phi_{окл ИТР} + O_{сс ИТР}$
2.2 Содержание прочего цехового персонала.		$Z_{проч.пер.} = \Phi_{окл МОП} + O_{сс МОП}$
2.3 Амортизация зданий, инвентаря.		$Z_a = Z_{a зд} + Z_{a инв}$
2.4 Содержание зданий, инвентаря.		$Z_{сод зд} = 0,2 \times \Phi_{осн}$
2.5 Текущий ремонт зданий, инвентаря.		$Z_p = 0,1 \times \Phi_{осн}$
2.6 Испытания, опыты, исследования.		$Z_{исл} = 0,005 \times \Phi_{осн}$
2.7 Рационализация и изобретательство.		$Z_{рац} = 0,005 \times \Phi_{осн}$
2.8 Охрана труда.		$Z_{охр} = 0,09 \times \Phi_{осн}$
2.9 Износ малоценного и быстро изнашиваемого инвентаря.		$Z_{изн} = 0,01 \times \Phi_{осн}$
2.10 Прочие расходы.		$Z_{проч} = 0,02 \times \Phi_{осн}$
Итого:		



Определение общего процента расходов на содержание и эксплуатацию оборудования, общецеховых расходов:

$$\Pi_{\text{р.с.э.о.}} = \frac{\sum P_{\text{сэо}}}{\Phi_{\text{осн}}} \times 100\% \quad (5.15)$$

$$\Pi_{\text{ру}} = \frac{\sum P_{\text{у}}}{\Phi_{\text{осн}}} \times 100\% \quad (5.16)$$

### 5.3.9. Определение калькуляции себестоимости изделия

Таблица 5.13 — Калькуляция себестоимости изделия

Наименование статей расходов	Сумма		% к итогу	Обоснование
	На весь выпуск, руб.	На единицу продукции, руб.		
1. Основные материалы за вычетом отходов.				Таблица ....
2. Основная зарплата основных рабочих.				$Z_{\text{осн}} = \Phi_{\text{осн}} / N$
3. Дополнительная зарплата основных рабочих.				$Z_{\text{доп}} = \Phi_{\text{доп}} / N$
4. Отчисления в соцстрах.				$O_{\text{с.с.д.}} = O_{\text{сс}} / N$
5. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования.				$Z_{\text{об}} = \Sigma P_{\text{с.э.о}} / N$
6. Цеховые расходы				$Z_{\text{ц}} = \Sigma P_{\text{ц}} / N$
Итого цеховая себестоимость:			100%	

По результатам расчетов в таблице .... построим диаграмму себестоимости изделия

## 6. РЕЗУЛЬТИРУЮЩИЙ РАЗДЕЛ

### 6.1. Определение экономической эффективности проектируемого участка

а) Определение суммы годовой экономии от снижения себестоимости продукции, руб:

$$\mathcal{E}_c = (C_3 - C_n) \times N, \quad (6.1)$$

где  $C_3$  – цеховая себестоимость детали по данным завода, руб.;

$C_n$  – цеховая себестоимость детали по проекту, руб.;

б) Определение дополнительных капитальных вложений, необходимых для внедрения данного проекта, руб

$$K_d = K_2 - K_1 \quad (6.2)$$

где  $K_1$  – капитальные вложения по действующему процессу, руб.

$K_2$  – капитальные вложения по проекту, руб.;

в) Определение срока окупаемости, год

$$T_{ок} = K_d / \mathcal{E}_c \quad (6.3)$$

Определение суммы годового экономического эффекта, руб.

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_c - E_n \times K_d \quad (6.4)$$

где  $E_n$  – нормативный коэффициент экономической эффективности; 0,25.

### 6.2. Расчет технико-экономических показателей

Таблица 6.1— Техничко-экономические показатели проектируемого участка

Наименование показателя	Единица измерения	Величина показателя	Обоснование
1	2	3	4
1. Годовой выпуск продукции			
1.1 В натуральном выражении	шт		N, задание
1.2 По цеховой себестоимости	руб.		$V_{п.с}$ табл. ....
1.3 В планово – учетных ценах	руб.		$V_{пц} = V_{п.с} + П$ $П = 0,5 \times V_{п.с}$
1.4 В норма – часах	н/ч		$V_{пн.ч} = T \times N$
2. Площадь участка	м <sup>2</sup>		ф. ( )
3. Число рабочих смен	см		Задание
4.Количество единиц оборудования	шт.		Табл. ....

Продолжение таблицы 6.1.

1	2	3	4
5. Средний коэффициент загрузки оборудования			Кз ср ф.( )
6. Общее количество работающих в т.ч. основных рабочих, вспомогательных рабочих, ИТР, МОП	чел.		Табл. ...
	чел.		Табл. ...
	чел.		Табл. ...
	чел.		Табл. ...
	чел.		Табл. ....
7. Общий фонд зарплаты по участку	руб.		ф. ( )
8. Среднемесячная зарплата одного рабочего	руб.		ф. ( )
9. Среднемесячная зарплата одного работающего	руб.		ф. ( )
10. Производительность труда одного рабочего	н/ч		$P_{\text{рабоч}} = B_{\text{п.н.ч}} / P_{\text{рабоч}}$
одного работающего			$P_{\text{работ}} = B_{\text{п.н.ч}} / P_{\text{работ}}$
11. Трудоемкость одного изделия	н/ч		$T = \Sigma T_{\text{ш}} / 60$
12. Норма расхода материала на одно изделие	кг.	2,0	$m_z$ (табл. ....)
13. Цеховая себестоимость одного изделия	руб.	275,76	$C_{\text{п}}$ (табл. ....)
14. Съём продукции с 1 м <sup>2</sup> площади	руб.	459600	$\Phi_{\text{пл.}} = B_{\text{пц}} / S_{\text{уч}}$
15. Съём продукции с единицы оборудования	руб.	8272800	$\Phi_c = B_{\text{пц}} / \Sigma C_{\text{пр}}$
16. Фондоотдача	руб.	8,1	$\Phi_o = B_{\text{пц}} / C_{\text{оф}}$
17. Сумма годового экономического эффекта	руб.	995081	ф. ( )
18. Срок окупаемости	год	1,1	ф. ( )

## **7 ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данном разделе пояснительной записки дают основные выводы по решению поставленных в выпускной квалификационной работе задач, технико-экономическую оценку принятых в проекте технологических и технических решений. При этом необходимо конкретно указать, за счет каких технологических или конструкторских мероприятий достигнуты положительные результаты: повышена производительность труда и оборудования, улучшено качество продукции и т.п. Особое внимание следует уделить оригинальным разработкам.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ, РЕКОМЕНДУЕМОЙ ДЛЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

### Основная

1. Технология машиностроения: В 2 кн. Кн.1. Основы технологии машиностроения: Учеб. пособ. Для вузов/ Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин и др.; Под ред. С.Л. Мурашкина. – 2-ое изд., доп. – М.: Высш. шк., 2008. – 278 с.
2. Технология машиностроения: В 2 кн. Кн.2. Производство деталей машин.: Учеб. пособ. Для вузов/ Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин и др.; Под ред. С.Л. Мурашкина. – 2-ое изд., доп. – М.: Высш. шк., 2008. – 296 с.
3. *Маталин А.А.* Технология машиностроения: учеб для вузов. М.: Лань, 2010. – 512 с.

### Дополнительная

1. *Андреев Г.Н.* и др. Проектирование технологической оснастки механосборочного производства: Учеб пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 1999. – 415 с.
2. *Горбачев А.Ф., Шкред В.А.* Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – Минск: Высшейш.шк., 1983. – 256 с.
3. *Егоров М.Е., Дементьев В.И., Дмитриев В.Л.* Технология машиностроения: Учеб. для вузов. – 2-е изд., доп. /Под ред. М.Е. Егорова. – М.: Машиностроение, 1976. – 534 с
4. *Козлова Т.А.* Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 2001. – 180 с.
5. *Козлова Т.А.* Практикум по технологии машиностроения: Учеб. пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 2001. – 52 с.
6. *Ковшов А.Н.* Технология машиностроения: Учеб. для вузов. – М.: Машиностроение, 1987. – 320 с.
7. *Лавриненко М.З.* Технология машиностроения и технологические основы автоматизации. – Киев: Вища шк., 1982. – 320 с.
8. *Маталин А.А.* Технология машиностроения. Учеб. для вузов. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1985. – 496 с.
9. *Митрофанов С.П.* Групповая технология машиностроительного производства: В 2 т. – Л.: Машиностроение, 1983.

10. *Мосталыгин Г.П., Толмачевский Н.Н.* Технология машиностроения. – М.: Машиностроение, 1990. – 287 с.
11. *Мухаринский Е.И., Горохов В.А.* Основы технологии машиностроения: Учеб. для вузов. – Минск: Вышэйш. шк., 1997. – 432 с.
12. Основы технологии машиностроения. Учеб. для вузов /Под ред. В.С. Корсакова. – М.: Машиностроение, 1977. – 416 с.
13. *Руденко П.А.* Проектирование технологических процессов машиностроения. – Киев: Вища шк., 1985. – 255 с.
14. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения: Учеб. пособие для машиностроит. вузов по спец. «Технология машиностроения» / *В.А.Аверченков, О.А.Горленко, В.Б.Ильицкий* и др.; Под ред. О.А.Горленко. – М.: Машиностроение, 1988. – 192 с.
15. *Солонин И.С., Солонин С.И.* Расчет сборочных и технологических размерных цепей. – М.: Машиностроение, 1980. – 110 с.
16. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. Т.1 /Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
17. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. Т.2 /Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.

**Разработчики:**

ФГБОУ ВО «УлГУ» АМТ

(место работы)

ФГБОУ ВО «УлГУ» АМТ

(место работы)

\_\_\_\_\_

(подпись)

\_\_\_\_\_

(подпись)

Забирова Г.Р.

(инициалы, фамилия)

Шестернинова Г.Ю.

(инициалы, фамилия)