



**Министерство образования и науки
Российской Федерации
Рубцовский индустриальный институт (филиал)
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический
университет им. И.И. Ползунова»**

Н.С. Алексеев

КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПО ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Методическое пособие по организации, содержанию
и оформлению курсового проекта по технологии
машиностроения для студентов бакалавриата, обучающихся
по направлению 15.03.05 «Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств» всех форм обучения

Рубцовск 2014

УДК 621.002

Алексеев Н.С. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Методическое пособие по организации, содержанию и оформлению курсового проекта по технологии машиностроения для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» всех форм обучения / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2014. – 75 с.

В пособии изложены рекомендации к выполнению всех разделов курсового проекта по технологии машиностроения в последовательности их выполнения. Даны основные требования, правила и примеры оформления пояснительной записки и графических документов проекта. Приведен список литературы, необходимый для подготовки проекта. Методическое пособие разработано в соответствии с СТО АлтГТУ 12400-2009.

Рассмотрено и одобрено
на заседании НМС РИИ.
Протокол №6 от 01.09.14.

Рецензент: доцент кафедры «Общая технология машиностроения»
АлтГТУ, к.т.н.

А.А. Панов

СОДЕРЖАНИЕ

1 Цели, содержание и порядок выполнения курсового проекта	5
2 Организация курсового проектирования	8
3 Методические указания по выполнению основной части курсового проекта	9
3.1 Проектирование технологического процесса сборки	9
3.1.1 Определение типа производства и расчет такта выпуска сборочной единицы	9
3.1.2 Служебное назначение сборочной единицы и краткое описание её работы	10
3.1.3 Анализ чертежа и технических условий на сборочную единицу	11
3.1.4 Выявление исполнительных поверхностей сборочной единицы и её основных конструкторских баз	20
3.1.5 Разработка технологической схемы сборки	21
3.2 Проектирование технологического процесса изготовления детали	24
3.2.1 Определение типа производства, такта выпуска и размера партии деталей	24
3.2.2 Служебное назначение детали и классификация её поверхностей	25
3.2.3 Качественный анализ технологичности конструкции детали	27
3.2.4 Анализ технических требований на деталь	29
3.2.5 Обоснование способа получения заготовки	31
3.2.6 Составление планов обработки отдельных поверхностей заготовки и назначение допусков на обработку	33
3.2.7 Проектирование технологического маршрута изготовления детали	35
3.2.8 Сравнение вариантов маршрута ТП. Окончательный выбор варианта технологического маршрута	38
3.2.9 Выбор технологических баз	39
3.2.10 Расчет припусков на обработку, межпереходных размеров и глубины резания	41
3.2.11 Проектирование операций механической обработки	45
3.2.11.1 Выбор приспособлений	45
3.2.11.2 Выбор режущего и вспомогательного инструмента	46
3.2.11.3 Выбор средств измерений	47
3.2.11.4 Выбор смазочно-охлаждающих технологических средств	48
3.2.11.5 Расчет и назначение режимов резания	49
3.2.11.6 Расчёт основного времени	51
3.2.11.7 Нормирование технологического процесса	52
3.2.11.8 Расчёт потребного количества оборудования и коэффициентов его загрузки	54
3.2.12 Проектирование технологических наладок	54

4 Требования к оформлению курсового проекта	56
4.1 Общие требования	56
4.2 Содержание и оформление структурных элементов пояснительной записки	56
4.2.1 Титульный лист	56
4.2.2 Задание	57
4.2.3 Содержание	57
4.2.4 Введение	57
4.2.5 Основная часть	58
4.2.6 Заключение	58
4.2.7 Список использованных источников	58
4.2.8 Приложения	58
4.3 Правила оформления пояснительной записки	59
4.4 Правила оформления графических документов	64
4.4.1 Общие правила оформления чертежей	64
4.4.2 Правила оформления чертежа сборочной единицы	64
4.4.3 Правила оформления чертежа детали	64
4.4.4 Правила оформления чертежей наладок на механическую обработку	65
4.5 Правила оформления технологических документов	66
Список литературы	68
Приложение А. Средняя (экономическая) точность и шероховатость поверхностей	72
Приложение Б. Форма титульного листа курсового проекта	73
Приложение В. Образец оформления задания на курсовой проект	74
Приложение Г. Титульный лист комплекта технологических документов	75

1 ЦЕЛИ, СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовое проектирование по технологии машиностроения является заключительным этапом в изучении студентами этой дисциплины и ставит цели:

- систематизацию, закрепление и расширение знаний по дисциплине в процессе решения конкретных профессиональных задач;
- применение этих знаний для проектирования экономических технологических процессов (ТП) механосборочного производства;
- развитие и закрепление навыков ведения самостоятельной творческой инженерной работы;
- развитие умения работать со специальной и справочной литературой.

Курсовой проект является подготовительной ступенью к решению студентами более сложной квалификационной задачи – выполнению выпускной квалификационной работы.

Курсовое проектирование выполняется на базе материалов, собранных во время прохождения конструкторско-технологической практики.

Курсовой проект состоит из текстового (пояснительная записка) и графических документов. Объем графических документов должен составлять не менее трех листов формата А1 и включать в себя:

- 1) чертеж сборочной единицы – 0,5 – 1 лист;
- 2) чертеж детали – 0,5 – 1 лист;
- 3) чертеж технологической наладки на одну операцию – 1 лист.

Конкретное содержание графических документов утверждается руководителем курсового проекта.

Пояснительная записка (ПЗ) курсового проекта должна включать следующие структурные элементы:

- Титульный лист
- Задание
- Содержание
- Введение
- Основная часть, состоящая из следующих разделов и подразделов:
 - 1 Проектирование технологического процесса сборки
 - 1.1 Определение типа производства и расчет такта выпуска сборочной единицы
 - 1.2 Служебное назначение сборочной единицы и краткое описание её работы
 - 1.3 Анализ чертежа и технических условий на сборочную единицу
 - 1.4 Выявление исполнительных поверхностей сборочной единицы и её основных конструкторских баз
 - 1.5 Разработка технологической схемы сборки
 - 2 Проектирование технологического процесса изготовления детали
 - 2.1 Определение типа производства, такта выпуска и размера партии деталей

- 2.2 Служебное назначение детали и классификация её поверхностей
- 2.3 Качественный анализ технологичности конструкции детали
- 2.4 Анализ технических требований на деталь
- 2.5 Обоснование способа получения заготовки
- 2.6 Составление планов обработки отдельных поверхностей заготовки и назначение допусков на обработку
- 2.7 Проектирование технологического маршрута изготовления детали
- 2.8 Сравнение вариантов маршрута ТП. Окончательный выбор варианта технологического маршрута
- 2.9 Выбор технологических баз
- 2.10 Расчет припусков на обработку, межпереходных размеров и глубины резания
 - 2.11 Проектирование операций механической обработки
 - 2.11.1 Выбор приспособлений
 - 2.11.2 Выбор режущего и вспомогательного инструмента
 - 2.11.3 Выбор средств измерений
 - 2.11.4 Выбор смазочно-охлаждающих технологических средств
 - 2.11.5 Расчет и назначение режимов резания
 - 2.11.6 Расчет основного времени
 - 2.11.7 Нормирование технологического процесса
 - 2.11.8 Расчет потребного количества оборудования и коэффициентов его загрузки
 - 2.12 Проектирование технологических наладок

3 Заключение

Список использованных источников

Приложение

Курсовой проект выполняют согласно заданию, выданному руководителем проекта. Выполнение отдельных этапов (разделов) курсового проекта и представление его к защите должны соответствовать срокам, установленным в задании и в календарном плане работы над курсовым проектом (таблица 1.1).

Курсовой проект представляют на проверку руководителю поэтапно или полностью выполненным. Если руководитель считает невозможным допустить студента к защите, проект возвращается на доработку в назначенные сроки.

В курсовом проекте должны быть отражены экономия затрат труда, материалов, энергии, улучшение условий труда, выполнение требований экологии. Решение этих сложных проектных задач возможно лишь на основе наиболее полного использования возможностей прогрессивного технологического оборудования и оснастки, максимальной экономически оправданной степени автоматизации производства, создания гибких технологий.

Ряд расчетов, необходимых для выполнения курсового проекта, должны производиться на ЭВМ, а формирование и печатание технологической документации (маршрутных и операционных карт, карт эскизов и т.д.) – с использованием элементов систем автоматизированного проектирования (САПР).

Таблица 1.1 – Календарный план работы над курсовым проектом

№ п/п	Содержание этапа	Неделя семестра	Трудоемкость, %
1	Получение задания на проектирование	1	-
2	Проектирование ТП сборки узла. Определение такта выпуска и типа производства. Служебное назначение сборочной единицы и краткое описание ее работы	2	5
3	Анализ чертежа и технических требований. Выявление исполнительных поверхностей сборочной единицы и её основных конструкторских баз	3	10
4	Подготовка чертежа сборочной единицы. Разработка технологической схемы сборки	4	10
5	Проектирование технологического процесса изготовления детали. Определение такта выпуска, типа производства и размера партии деталей. Служебное назначение детали и классификация её поверхностей	5	8
6	Качественный анализ технологичности конструкции детали. Анализ технических требований на деталь. Подготовка чертежа детали	6	7
7	Обоснование способа получения заготовки. Составление планов обработки отдельных поверхностей заготовки и назначение допусков на обработку	7	9
8	Проектирование технологического маршрута изготовления детали. Сравнение вариантов маршрута ТП. Окончательный выбор варианта технологического маршрута	8	10
9	Выбор технологических баз. Расчет припусков на обработку, межпереходных размеров и глубины резания	9	9
10	Проектирование операций механической обработки. Выбор приспособлений. Выбор режущего и вспомогательного инструмента. Выбор средств измерений. Выбор смазочно-охлаждающих технологических средств	10	10
11	Расчет и назначение режимов резания. Расчет основного времени. Нормирование технологического процесса. Расчет потребного количества оборудования и коэффициента его загрузки	11	10
12	Проектирование и вычерчивание технологической наладки. Оформление ПЗ и технологической документации и представление их на подпись руководителю	12	12
13	Защита курсового проекта	13	-

2 ОРГАНИЗАЦИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Перед началом курсового проектирования каждый студент получает исходные данные, которые включают:

- задание для проектирования с указанием темы проекта и годовой программы выпуска изделия;
- чертеж сборочной единицы;
- чертеж детали.

Задание на курсовое проектирование выдается студенту согласно графику учебного процесса в первой неделе текущего семестра на бланке установленной в вузе формы.

Руководитель курсового проекта:

- составляет и выдает задание на курсовой проект;
- организует процесс проектирования;
- рекомендует необходимую литературу, нормативно-техническую документацию, справочные и другие материалы;
- оказывает консультативную помощь студентам в разработке всех разделов проекта, способствует развитию его творческой активности и самостоятельности;
- осуществляет текущий контроль за выполнением задания.

Руководитель подписывает титульный лист окончательно оформленной ПЗ и полностью завершённые графические материалы проекта. За правильность всех расчетов и проектных решений отвечает автор проекта – студент.

Законченный, подписанный руководителем курсовой проект студент представляет к защите. Защита курсового проекта проводится публично при участии руководителя и одного – двух преподавателей кафедры.

Во время защиты студент делает доклад, рассчитанный на 8...10 минут, в котором излагает основное содержание проекта и отвечает на заданные вопросы. В докладе необходимо четко выделить всё то новое, что предложено самим студентом, остановиться на технико-экономическом обосновании принятых в проекте решений. Продолжительность защиты курсового проекта одним студентом не более 30 минут.

По окончании защиты курсового проекта выставляется оценка в тот же день. При оценке курсового проекта учитываются соответствие его содержания заданному и качество выполненного проекта, теоретические знания студента и умение защищать выдвигаемые предложения.

Студент, не защитивший курсовой проект, может быть допущен к повторной защите по разрешению кафедры и деканата.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ОСНОВНОЙ ЧАСТИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

3.1 Проектирование технологического процесса сборки

3.1.1 Определение типа производства и расчет такта выпуска сборочной единицы

Тип сборочного производства определяется в зависимости от размера производственной программы, а также технических и экономических условий осуществления технологического процесса сборки.

Различают следующие типы производства: единичное, мелкосерийное, среднесерийное, крупносерийное и массовое. Ориентировочно тип сборочного производства может быть определен по данным таблицы 3.1.

Таблица 3.1 – Определение типа производства при сборке изделий

Тип производства	Программа выпуска узлов в год, шт.		
	Базовая деталь в узле с максимальной массой, кг		
	Более 30 кг	8 - 30 кг	До 8 кг
Единичное	Меньше 5	Меньше 10	Меньше 100
Мелкосерийное	5 - 100	10 - 200	100 - 500
Среднесерийное	100 - 300	200 - 500	500 - 5000
Крупносерийное	300 - 1000	500 - 5000	5000 - 50000
Массовое	Более 1000	Более 5000	Более 50000

Выбранный тип сборочного производства определяет содержание, структуру и построение технологического процесса сборки, вид технологической оснастки, степень его дифференциации или концентрации.

В массовом и крупносерийном производстве ТП сборки необходимо разрабатывать подробно, они называются операционными. Для всех типов производства, кроме единичного, определяется такт выпуска сборочной единицы.

Такт выпуска сборочной единицы τ , мин/шт., рассчитывается по формуле

$$\tau = 60F_{\partial} / N_{сб}, \quad (1)$$

где F_{∂} – действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч;

$N_{сб}$ – годовая производственная программа выпуска сборочных единиц, шт.

$$F_{\partial} = F_n k, \quad (2)$$

где F_n – номинальный годовой фонд времени, ч;

k – коэффициент, учитывающий потери времени на ремонт оборудования; принимается равным 0,98, 0,97 и 0,96 при работе предприятия соответственно в одну, две и три смены. В курсовом проекте следует принимать двухсменный режим работы предприятия.

$$F_n = Dzn, \quad (3)$$

где D – количество рабочих дней в году;

z – продолжительность смены, ч; принимать $z = 8$ ч;

n – количество смен; $n = 2$.

$$F_H = [(365 - O - П - C) \cdot 8 + C \cdot 7] \cdot n, \quad (4)$$

где 365 – календарное количество дней в году;

O – количество выходных дней; принимать $O = 104$;

$П$ – количество праздничных дней; принимать $П = 12$;

C – количество дней, сокращенных на 1 час в предпраздничные дни; принимать $C = 10$.

3.1.2 Служебное назначение сборочной единицы и краткое описание её работы

Под служебным назначением изделия понимают максимально уточнённую и чётко сформулированную задачу, для решения которой оно предназначено.

Студенты должны самостоятельно сделать описание служебного назначения заданной сборочной единицы и привести это описание в ПЗ. Например, для коробки перемены передач гусеничных тракторов можно предложить формулировку её служебного назначения в таком виде: «Коробка перемены передач предназначена для изменения тягового усилия трактора за счет увеличения или уменьшения скорости его движения. Кроме того, коробка передач обеспечивает получение заднего хода трактора при неизменном направлении вращения коленчатого вала дизеля и даёт возможность дизелю длительное время работать на неподвижном тракторе».

Прежде чем приступить к формулировке служебного назначения, необходимо внимательно изучить конструкцию заданной сборочной единицы, а также её взаимодействие со смежными сборочными единицами в машине.

Для решения этих вопросов рекомендуется воспользоваться специальной технической литературой по устройству некоторых машин [1, 2].

Краткое описание работы изделия в ПЗ следует проводить только после тщательного анализа конструкции собираемого изделия и функционирования его основных узлов и деталей, действующих нагрузок. Следует также изучить характер соединений и креплений сборочных единиц и деталей, позволяющих дать полное представление о работе изделия и взаимодействии его узлов и деталей.

Описание работы изделия в ПЗ следует вести с указанием позиций деталей по сборочному чертежу, например, «...подшипник 15 установлен в стакан 17...».

Подробнее о правилах разработки служебного назначения сборочной единицы и пример такой разработки для конкретного изделия в [3, 4].

Независимо от сложности изделия описание его служебного назначения и принципа работы в пояснительной записке не должно занимать более двух страниц.

3.1.3 Анализ чертежа и технических условий на сборочную единицу

Так как сборка является заключительным этапом в изготовлении изделия, то от ее качества во многом зависит качество самого изделия. В связи с этим анализу чертежа сборочной единицы и технических условий должно быть уделено особое внимание.

При анализе чертежа необходимо проверить:

- правильность оформления в соответствии с требованиями ЕСКД и других нормативных документов;
- достаточность видов, разрезов и сечений, дающих полное представление о конструкции собираемого изделия;
- достаточность и правильность простановки размеров.

В общем случае сборочный чертеж должен содержать габаритные размеры (указывают в виде номинальных), присоединительные (указывают с допусками) и размеры в сочленениях (указывают с посадками).

Детально изучив работу изделия, разработчик должен критически оценить заданные технические условия на сборку как с точки зрения их содержания, так и с точки зрения их полноты. При этом рекомендуется продумать следующие вопросы: какие технические требования должны быть выполнены, чтобы узел или изделие работали нормально, все ли они указаны конструктором; когда в процессе сборки эти требования выдерживаются; какой контроль нужно осуществлять в процессе сборки.

Внимательно вычитав все технические требования, имеющиеся на чертеже, студенты должны выделить прежде всего те из них, которые на их взгляд заданы абсолютно правильно. В ПЗ об этом должна быть сделана соответствующая запись. Пример записи: «Технические требования №3, 7, 10, 12 и 15 оставляем без изменений».

Ниже будут отмечены наиболее типичные недостатки, которые допускают конструкторы при разработке технических требований. В курсовом проекте эти недостатки выявляются и устраняются.

Зачастую конструкторы не указывают предельные отклонения количественных значений параметров. В ПЗ этот недостаток следует отметить соответствующей записью, например: «Техническое требование №14. Полость ступицы должна быть заполнена трансмиссионным маслом ТЭП – 15 ГОСТ 23652-79 в количестве 300 г».

Следует записать: «Полость ступицы должна быть заполнена трансмиссионным маслом ТЭП – 15 ГОСТ 23652-79 в количестве 300±Δ г». Конкретное значение предельных отклонений допускается не указывать.

Иногда конструкторы допускают недосказанность и незавершенность при формулировке технических требований. Например, не указываются количественные значения некоторых параметров. Подобные недостатки в ПЗ

следует отметить соответствующей записью. Пример записи: «Техническое требование №8. Ось колеса ведущего должна быть запрессована в корпус заднего моста с усилием 117,6...147 кН». Здесь не указана скорость запрессовки. Следует записать: «Ось колеса ведущего должна быть запрессована в корпус заднего моста с усилием 117,6...147 кН при скорости запрессовки $V \pm \Delta$ м/мин». Конкретное значение скорости запрессовки и его предельных отклонений допускается не указывать.

Иногда обнаруживается, что в технических требованиях не указаны позиции тех или иных деталей. Например: «Техническое требование №5. «Восемь отверстий в ступице и шестерне должны быть совместно развернуты на $\varnothing 19^{+0,045}$ мм». Следует записать: «Восемь отверстий в ступице поз.14 и шестерне поз.10 должны быть совместно развернуты на $\varnothing 19^{+0,045}$ мм».

В некоторых случаях в технических требованиях допускаются выражения, не соответствующие технологической терминологии. В таких случаях требуется отредактировать эти требования в соответствии с общепринятой технологической терминологией. Например: «Техническое требование №11. Манжеты поз.11 и поз.39 должны одеваться с натягом по посадочным поверхностям сопряженных деталей». Здесь нужно заменить глагол «одеваться». Следует записать: «Манжеты поз.11 и поз.39 должны устанавливаться с натягом по посадочным поверхностям сопряженных деталей».

Возможен и такой вариант, когда будет установлено, что для выполнения сборочной единицы её служебного назначения, технических требований на чертеже недостаточно. В этом случае студенты должны в ПЗ самостоятельно сформулировать дополнительные технические требования и вынести их на чертеж.

Подробнее о правилах анализа чертежа и технических условий на сборочную единицу, а также пример конкретной реализации этого анализа в [3, 4].

Возможность выполнения изделием наиболее ответственных технических требований должна проверяться на основе построения и расчета конструкторских размерных цепей, обеспечивающих данную возможность. В пояснительной записке должен быть приведен расчет одной размерной цепи с участием размеров (относительных поворотов) детали, для которой будет в дальнейшем разрабатываться технологический процесс механической обработки. Построенная размерная цепь должна быть представлена на чертеже сборочной единицы и оформлена в соответствии с «РД 50-635-87. Методические указания. Цепи размерные. Основные понятия. Методы расчета линейных и угловых цепей».

Расчёты конструкторских размерных цепей рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

1. Ставится и четко формулируется задача. Пример формулировки задачи: «Обеспечить требуемую величину зазора $A_{\Delta} = 0^{+0,56}$ мм между запорной планкой поз.27 и правой стенкой наружной канавки ведущей шестерни поз.35 конечной передачи».

2. Выявляются размеры (составляющие звенья), влияющие на величину замыкающего звена A_{Δ} .

3. Строится размерная цепь.

4. Рассчитывается номинальный размер замыкающего звена по формуле

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_{A_i} A_i, \quad (5)$$

где $i = 1, 2, \dots, m$ – порядковый номер звена (в том числе и замыкающего);

ξ_{A_i} – передаточное отношение i -го звена размерной цепи;

$\xi_{A_i} = 1$ – для увеличивающих составляющих звеньев;

$\xi_{A_i} = -1$ – для уменьшающих составляющих звеньев;

A_i – номинальные размеры составляющих звеньев, мм; определяются из технической документации на заданную сборочную единицу.

5. Определяется допуск замыкающего звена $T_{A_{\Delta}}$, мм, по формуле

$$T_{A_{\Delta}} = \Delta_{\epsilon_{A_{\Delta}}} - \Delta_{н_{A_{\Delta}}}, \quad (6)$$

где $\Delta_{\epsilon_{A_{\Delta}}}, \Delta_{н_{A_{\Delta}}}$ – верхнее и нижнее предельные отклонения замыкающего звена размерной цепи.

6. Определяется координата середины поля допуска замыкающего звена $\Delta_{o_{A_{\Delta}}}$, мм, по формуле

$$\Delta_{o_{A_{\Delta}}} = (\Delta_{\epsilon_{A_{\Delta}}} + \Delta_{н_{A_{\Delta}}}) / 2. \quad (7)$$

7. Рассчитывается средняя величина допуска T_{cp} , мм, составляющих звеньев по формуле

$$T_{cp} = \frac{T_{A_{\Delta}}}{|\xi_i| \cdot (m-1)}. \quad (8)$$

В производстве тракторов и автомобилей максимально достижимым и одновременно экономичным является допуск T_{cp} , не превышающий 0,05 мм, в редких случаях – 0,03 мм.

8. Выбирается метод достижения требуемой точности замыкающего звена, экономичный в данных производственных условиях, с учётом средней величины допуска T_{cp} , количества звеньев, типа производства и др. Подробнее о правилах выбора методов обеспечения точности сборки в [3].

9. Производится решение обратной задачи. В результате решения этой задачи студент должен установить:

- возможность выполнения требований, предъявляемых к точности замыкающего звена для построенной размерной цепи;

- технологичность допусков, назначенных на размеры (относительные повороты) деталей, участвующих в построенной размерной цепи.

Ниже приводится рекомендуемая последовательность решения обратной задачи для каждого из пяти известных методов достижения требуемой точности замыкающего звена.

Метод полной взаимозаменяемости (МПВ)

1. Рассчитываются допуски T_i составляющих звеньев по формуле

$$T_i = \Delta_{e_i} - \Delta_{n_i}, \quad (9)$$

где $\Delta_{e_i}, \Delta_{n_i}$ – верхнее и нижнее предельные отклонения i -го составляющего звена размерной цепи.

2. Вычисляются координаты середин полей допусков Δ_{o_i} составляющих звеньев по формуле

$$\Delta_{o_i} = (\Delta_{e_i} + \Delta_{n_i}) / 2. \quad (10)$$

3. Определяется расширенный (расчетный) допуск T'_Δ , мм, замыкающего звена методом максимума – минимума по формуле

$$T'_\Delta = \sum_{i=1}^{m-1} |\xi_i| T_i, \quad (11)$$

где T_i – рассчитанные (заданные) допуски составляющих звеньев (см. п.1).

4. Проверяется возможность достижения требуемой точности замыкающего звена методом полной взаимозаменяемости. Для этого необходимо проверить выполнение условия

$$T'_{A_\Delta} \leq T_{A_\Delta}. \quad (12)$$

Если условие (14) выполняется, то достижение требуемой точности замыкающего звена методом полной взаимозаменяемости возможно и допуски на составляющие звенья можно считать технологичными.

Если условие (14) не выполняется, то полная взаимозаменяемость при заданных допусках составляющих звеньев не обеспечивается. В этом случае проверяется возможность обеспечения точности замыкающего звена другими методами.

5. Определяется расчетная координата середины поля допуска замыкающего звена Δ'_{O_Δ} по формуле:

$$\Delta'_{O_\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i \Delta_{o_i}. \quad (13)$$

Если расчётная координата середины поля допуска Δ'_{O_Δ} не соответствует заданной Δ_{O_Δ} , необходимо ввести поправку Δ_k в координату середины поля допуска одного из составляющих звеньев:

$$\Delta_k = \pm(\Delta'_{O_\Delta} - \Delta_{O_\Delta}). \quad (14)$$

Поправка со знаком «плюс» вносится для уменьшающего составляющего звена, со знаком «минус» – для увеличивающего.

Метод неполной взаимозаменяемости (МНП)

1. Рассчитываются допуски T_i составляющих звеньев по формуле (11).
2. Вычисляются координаты средин полей допусков Δ_{O_i} составляющих звеньев по формуле (12).
3. Определяется расширенный (расчетный) допуск T'_Δ , мм, замыкающего звена вероятностным методом по формуле

$$T'_\Delta = t_\Delta \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \xi_i^2 \lambda_i^2 (T'_i)} , \quad (15)$$

где t_Δ – коэффициент риска;

λ_i^2 – коэффициент относительного рассеяния размера.

Коэффициент риска t_Δ выбирается из таблиц значений функции Лапласа $\Phi(t)$ в зависимости от принятого процента риска P . Допустимый процент риска P устанавливается из экономических соображений. Чем сложнее сборочная единица, тем меньше величина P . Ряд значений коэффициента t_Δ приведен в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Коэффициенты риска

Риск P , %	32	23	16	9	4,6	2,1	1	0,51	0,27	0,1
Коэффициент t_Δ	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3	2,57	2,8	3	3,3

Если детали изготавливаются по методу автоматического получения размеров на настроенных станках, то следует принять процент риска $P = 0,27$ и соответственно коэффициент риска $t_\Delta = 3$.

Коэффициенты относительного рассеяния λ_i^2 выбираются исходя из предполагаемого закона рассеяния каждого из звеньев и с учетом особенностей технологического процесса изготовления деталей. Если детали изготавливают в больших количествах на настроенных станках при нормальном ходе технологического процесса, то можно принять, что рассеяние размеров всех звеньев размерной цепи подчиняется закону Гаусса. Тогда коэффициент относительного рассеяния $\lambda_i^2 = 1/9$. При распределении отклонений по закону треугольника (закону Симпсона) $\lambda_i^2 = 1/6$. При распределении отклонений по закону равной вероятности $\lambda_i^2 = 1/3$.

4. Проверяется возможность достижения требуемой точности замыкающего звена методом неполной взаимозаменяемости. Для этого необходимо проверить выполнение условия (14). Если это условие выполняется, то достижение требуемой точности замыкающего звена методом неполной взаимозаменяемости возможно и допуски на составляющие звенья можно считать технологичными.

Метод групповой взаимозаменяемости (МГВ)

1. Рассчитываются производственные допуски T_i составляющих звеньев по формуле (9).

2. Вычисляются координаты средин полей допусков Δ_{O_i} составляющих звеньев по формуле (10).

3. Определяется расширенный (расчетный) допуск T'_Δ замыкающего звена на основе производственных допусков составляющих звеньев по формуле (11).

4. Определяется число групп n , на которые следует рассортировать собираемые детали, по формуле

$$n = T'_\Delta / T_\Delta . \quad (16)$$

5. Рассчитывается среднее значение допуска составляющих звеньев по формуле

$$T_{cp} = \frac{T_\Delta}{m-1} . \quad (17)$$

Кроме того, в группах деталей для допусков составляющих звеньев должно соблюдаться условие равенства сумм допусков увеличивающих и уменьшающих звеньев согласно уравнению

$$\sum_{i=1}^k |\xi_i^r| T_i = \sum_{k+1}^{m-1} |\xi_i^s| T_i, \quad (18)$$

где $\overset{r}{T}_i$ и $\overset{s}{T}_i$ – допуски увеличивающих и уменьшающих звеньев соответственно;

k – число увеличивающих звеньев;

m – общее число звеньев в цепи.

Так как в сопряжениях «вал-втулка» звено A_1 (отверстие) является увеличивающим, а звено A_2 (вал) уменьшающим, то:

$$T_1 = T_2 = T_{cp} .$$

Этот же результат можно получить из формулы

$$T_i = \frac{T'_i}{n}, \quad (19)$$

где T'_i – производственный экономически достижимый допуск составляющих звеньев.

Метод пригонки (МП)

1. Выбирается компенсирующее звено.

В качестве компенсирующего звена рекомендуется выбирать толщину прокладки, шайбы или кольца, изменение размера которых можно просто и с высокой точностью осуществить, например, путем шлифования торца на плоскошлифовальном станке.

2. Рассчитываются допуски T_i составляющих звеньев по формуле (11).

3. Вычисляются координаты середин полей допусков Δ_{o_i} составляющих звеньев по формуле (12).

4. Определяется расширенный (расчетный) допуск T'_Δ , мм, замыкающего звена методом максимума – минимума по формуле (13).

5. Рассчитывается наибольшее возможное значение компенсации T_κ по формуле

$$T_\kappa = T'_\Delta - T_\Delta . \quad (22)$$

6. Вычисляется поправка к значению координаты середины поля допуска компенсирующего звена Δ_κ по формуле

$$\Delta_\kappa = \frac{T_\kappa}{2} + \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i \Delta_{o_i} - \Delta_{o_\Delta} , \quad (23)$$

где T_κ – наибольшая возможная компенсация;

Δ_{o_i} , Δ_{o_Δ} – координаты середин полей допусков составляющих и замыкающего звена соответственно.

7. Определяется координата середины поля допуска компенсирующего звена с учетом поправки Δ'_{o_i} по формуле

$$\Delta'_{o_i} = \Delta_{o_i} - \Delta_\kappa , \quad (24)$$

где Δ_{o_i} – координата середины поля допуска исходного компенсирующего звена.

8. Рассчитываются новые предельные отклонения компенсирующего звена по формулам (22) и (23).

Метод регулирования (МР) с использованием неподвижного компенсатора

1. Выбирается компенсирующее звено. В качестве компенсирующего звена рекомендуется выбирать толщину прокладки, шайбы или кольца.

2. Рассчитываются допуски T_i составляющих звеньев по формуле (11).

3. Вычисляются координаты середин полей допусков Δ_{o_i} составляющих звеньев по формуле (12).

4. Определяется расширенный (расчетный) допуск $T'_{A\Delta}$, мм, замыкающего звена методом максимума – минимума по формуле (13).

5. Рассчитывается наибольшее возможное значение компенсации T_k по формуле (24).

6. Рассчитываем число ступеней неподвижного компенсатора N по формуле

$$N = \frac{T'_V}{T_{\Delta} - T_{\text{комп}}} , \quad (25)$$

где $T_{\text{комп}}$ – допуск на изготовление неподвижного компенсатора.

Рассчитанное число N округляется до ближайшего целого числа.

7. Определяется величина ступени компенсации C в наборе компенсаторов по формуле

$$C = T_{\Delta} - T_{\text{комп}} . \quad (26)$$

Размер каждой последующей ступени компенсатора должен отличаться от предыдущей на величину C .

8. Определяется координата расчетного поля допуска $\Delta'_{o\Delta}$ замыкающего звена по формуле

$$\Delta_{o\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i \Delta_{o_i} , \quad (27)$$

где Δ_{o_i} – координата середины поля допуска i -го составляющего звена.

9. Вычисляется поправка Δ'_{o_k} к координате середины поля допуска компенсирующего звена по формуле

$$\Delta'_{o_k} = \pm \left(\frac{T_k}{2} - \Delta'_{o\Delta} + \Delta_{o\Delta} \right) , \quad (28)$$

где T_k – величина наибольшей возможной компенсации;

$\Delta'_{o\Delta}$ – координата середины поля расчетного допуска замыкающего звена;

$\Delta_{o\Delta}$ – координата середины поля заданного допуска замыкающего звена.

В формуле (30) ставится знак «плюс», если данное звено является увеличивающим, и знак «минус» – если уменьшающим.

10. Определяется координата середины поля допуска первой ступени компенсатора по формуле

$$(\Delta'_{o_k})^I = \Delta'_{o\Delta} \pm \Delta'_{o_k} . \quad (29)$$

Координаты середин полей допусков каждой последующей ступени будут отличаться от координат середин полей допусков предшествующих ступеней на величину ступени компенсации, тогда:

$$(\Delta'_{o_k})^{II} = (\Delta'_{o_k})^I + C; \quad (\Delta'_{o_k})^{III} = (\Delta'_{o_k})^I + 2C \text{ и т.д.}$$

11. Рассчитываются предельные отклонения ступеней компенсатора по формулам (22) и (23).

Все данные по расчетам ступеней компенсаторов следует занести в таблицу (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Расчет ступеней компенсаторов

Номер ступени	Величина ступени С, мм	Координаты середины полей допусков ступеней компенсаторов $\Delta_{O_{AK}}$	Предельные отклонения размеров ступеней компенсаторов, мм	
			верхнее $\Delta_{e_{AK}}$	нижнее $\Delta_{H_{AK}}$
1
2
...

Примечание. Для достижения точности замыкающего звена методом регулирования с использованием подвижного компенсатора обычно используется корончатая гайка. Для обеспечения требуемой точности компенсации необходимо выполнение условия

$$\alpha_{\kappa_{\min}}^{\circ} \leq \alpha_{\kappa}^{\circ}, \quad (30)$$

где $\alpha_{\kappa_{\min}}^{\circ}$ – минимально возможный угол поворота корончатой гайки, определяемый ее конструкцией;

α_{κ}° – угол, на который требуется повернуть корончатую гайку в обратную сторону для достижения требуемой точности замыкающего звена (зазора).

Углы $\alpha_{\kappa_{\min}}^{\circ}$ и α_{κ}° вычисляются по формулам

$$\alpha_{\kappa_{\min}}^{\circ} = 360^{\circ} / n_{отв}, \quad (31)$$

$$\alpha_{\kappa}^{\circ} = 360^{\circ} T_{\Delta} / \alpha P, \quad (32)$$

где $n_{отв}$ – количество отверстий в корончатой гайке;

T_{Δ} – заданный допуск замыкающего звена;

α – число заходов резьбы;

P – шаг резьбы.

3.1.4 Выявление исполнительных поверхностей сборочной единицы и её основных конструкторских баз

Каждая машина, как и отдельные её сборочные единицы, выполняет свое служебное назначение при помощи ряда поверхностей или их сочетаний, принадлежащих деталям машины. Такие поверхности или их сочетания

называются исполнительными поверхностями машины или её сборочных единиц.

Так, например, исполнительными поверхностями коробки перемены передач гусеничных тракторов, служащей для передачи крутящего момента от двигателя на задний мост, являются сочетания боковых рабочих поверхностей зубьев пар зубчатых колес, работающих совместно, а также боковые поверхности зубьев вторичного вала.

В ПЗ студенты должны перечислить исполнительные поверхности заданных сборочных единиц с указанием позиций деталей по сборочному чертежу, например «Исполнительными поверхностями сборочной единицы являются боковые поверхности зубьев зубчатых колес 7 и 8, ...».

Кроме исполнительных поверхностей любая сборочная единица имеет конструкторские базы. Конструкторской базой сборочной единицы называется база, используемая для определения её положения в изделии.

Конструкторские базы сборочной единицы бывают основные и вспомогательные. Основной конструкторской базой сборочной единицы называется поверхность или сочетание поверхностей, используемые для определения положения этой сборочной единицы в изделии.

Вспомогательной конструкторской базой сборочной единицы называется поверхность или сочетание поверхностей, используемых для определения положения присоединяемых к этой сборочной единице других сборочных единиц или деталей.

В курсовом проекте студенты должны выявить только основные конструкторские базы. Так, например, основными конструкторскими базами КПП гусеничных тракторов являются плоскость, по которой она сопрягается с корпусом заднего моста, и группа мелких крепежных отверстий, выполненных по периметру этой плоскости, для закрепления КПП.

На чертеже сборочной единицы поверхности, служащие основными конструкторскими базами, следует обозначить заглавными буквами русского алфавита.

В ПЗ студенты должны четко назвать основные конструкторские базы, например: «Основными конструкторскими базами КПП являются плоскость В и 14 отверстий Ø12 мм, расположенных по периметру этой плоскости».

По окончании выполнения всех вышеуказанных работ студенты вычерчивают рабочий чертеж сборочной единицы.

3.1.5 Разработка технологической схемы сборки

Важным моментом в разработке технологического процесса сборки является разбивка изделия на отдельные сборочные единицы и составление технологической схемы сборки. Закончив изучение и анализ технических требований к изделию, проектировщик мысленно расчленяет его на сборочные единицы – комплекты, подузлы, узлы 1-го, 2-го, ..., *n*-го порядка и отдельные детали. На этом этапе весьма важно уметь правильно выделить в изделии сборочные единицы соответствующего порядка, которые характеризуются

независимостью и законченностью сборки, а при транспортировании по рабочим местам сборки не распадаются на отдельные детали. Принципы, из которых необходимо исходить при разбивке изделия на сборочные единицы, подробно изложены в [3,4].

Независимо от типа и организации производства на основе сборочного чертежа составляется технологическая схема сборки, которая в наглядной форме отражает последовательность выполнения соединений, т.е. маршрутную технологию сборки изделия и его составных частей. Последовательность сборки изделия в основном определяется его конструктивными особенностями.

В курсовом проекте допускается графическое изображение схемы сборки, на которой каждый элемент сборочной единицы обозначается прямоугольником, разделенным на три части. В верхней части прямоугольника, обозначающего деталь, приводится наименование детали, в левой нижней части – номер детали по спецификации, а в правой нижней – количество деталей, входящих в данный узел.

В обозначении сборочной единицы в левой нижней части указывается ее порядок в общей схеме сборки машины и номер базовой детали, в правой нижней – количество сборочных единиц в узле.

Для построения схемы сборки лист бумаги делят линиями на несколько зон: деталей, комплектов, подузлов, узлов первого порядка, узлов второго порядка и т.д. В этих зонах располагают прямоугольники, обозначающие элементы сборочной единицы, в порядке их сборки.

Дополнительно следует обратить внимание на следующее:

1. Располагать схему сборки рекомендуется по горизонтали.
2. Изображение любой сборочной единицы следует начинать с базовой детали.
3. Следить за последовательностью установки сборочных единиц и деталей во времени, а также за последовательностью основных и вспомогательных работ, выполняемых при сборке.

При необходимости технологические схемы сборки снабжают надписями, поясняющими характер сборочных соединений и выполняемый при сборке контроль. Например: запрессовать, клепать, смазать, проверить зазор, обкатать и др.

Технологическая схема сборки шестеренчатого насоса, для примера, представлена на рисунке 3.1. Более подробно обо всех моментах, которые необходимо учесть при составлении технологической схемы сборки, а также другие примеры построения этих схем в [3, 4].

Составленная схема сборки является основой для проектирования маршрутного ТП сборки изделия, устанавливающего последовательность и содержание технологических и вспомогательных операций сборки. При этом последовательность выполнения переходов должна строго регламентироваться схемой сборки.

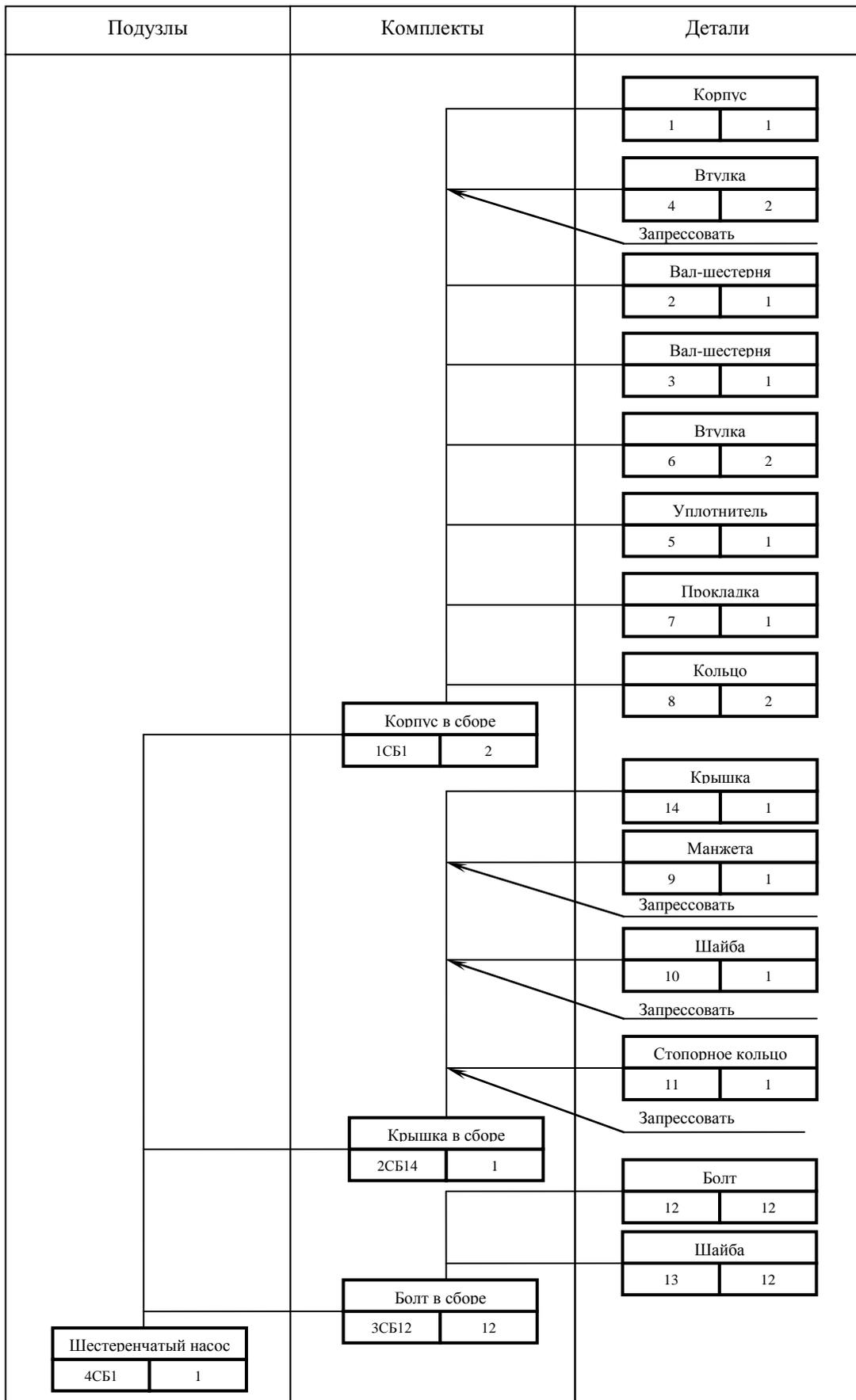


Рисунок 3.1 – Схема сборки шестеренчатого насоса

3.2 Проектирование технологического процесса изготовления детали

3.2.1 Определение типа производства, такта выпуска и размера партии деталей

Тип производства определяется ориентировочно по таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Определение типа производства при изготовлении деталей

Тип производства	Количество изготавливаемых деталей в год, шт.		
	Тяжелые (свыше 30 кг)	Средние (8...30 кг)	Легкие (до 8 кг)
Единичный	До 5	До 10	До 100
Мелкосерийный	5...100	10...200	100...500
Среднесерийный	100...300	200...500	500...5000
Крупносерийный	300...1000	500...5000	5000...50000
Массовый	Свыше 1000	Свыше 5000	Свыше 50000

Такт выпуска деталей τ_d , мин/шт., следует определять по формуле

$$\tau_d = 60F_d / N_d, \quad (33)$$

где F_d – действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч;
 N_d – годовая производственная программа выпуска детали, шт.

$$F_d = F_n K, \quad (34)$$

где F_n – номинальный годовой фонд времени, ч; определяется по формуле (3);

K – коэффициент, учитывающий потери времени на ремонт оборудования; принимается равным 0,98, 0,97 и 0,96 при работе предприятия соответственно в одну, две и три смены.

Для мелко-, средне- и крупносерийного типа производства необходимо определить размер партии n_d , шт., запуска деталей в производство по формуле

$$n_d = Nd / \Phi_{p,d} \quad (35)$$

где N – годовая программа выпуска, шт.;

d – число дней, на которое нужно иметь запас деталей на складе; принимать $d = 5$ для крупногабаритных деталей и $d = 10$ – для малогабаритных; крупногабаритными следует считать детали с объёмом более $0,002 \text{ м}^3$, малогабаритными – не более $0,002 \text{ м}^3$.

$\Phi_{p,d}$ – число рабочих дней в году; принимать 240 дней.

Для единичного и массового производства размер партии запуска деталей в производство не определяется.

3.2.2 Служебное назначение детали и классификация её поверхностей

В курсовом проекте студенты должны самостоятельно выяснить служебное назначение заданной детали в узле и в ПЗ привести его формулировку.

Для правильного определения служебного назначения заданной детали рекомендуется выполнить следующие мероприятия:

1. Тщательно проанализировать конструкцию сборочной единицы, в которую входит заданная деталь (см. п. 3.1.2).
2. Изучить конструкцию заданной детали по её рабочему чертежу.
3. Изучить характер соединений и взаимодействия заданной детали с другими деталями сборочной единицы.

Пример формулировки служебного назначения детали: «Деталь – ведущая шестерня (04.38.132-2) служит для передачи крутящего момента от вала заднего моста поз. 7 на ведомую шестерню поз. 12 и далее на ведущее колесо поз. 15 конечной передачи трактора».

После описания служебного назначения заданной детали следует выполнить подробное описание конструкции этой детали, а также её общие технологические характеристики. Подробнее об основных моментах, на которые следует обратить внимание при формулировке служебного назначения детали и описании её конструкции, а также пример описания детали в [3].

Описание конструкции и служебного назначения детали, вне зависимости от ее сложности, не должно занимать более 1,5-2 страницы пояснительной записки. Чертеж детали вместе с описанием ее конструкции составляет единое целое. Он должен создавать у студентов полное представление о детали, что позволит правильно спроектировать технологический процесс её изготовления.

Известно, что всё многообразие поверхностей деталей машин (изделий) сводится к четырём видам:

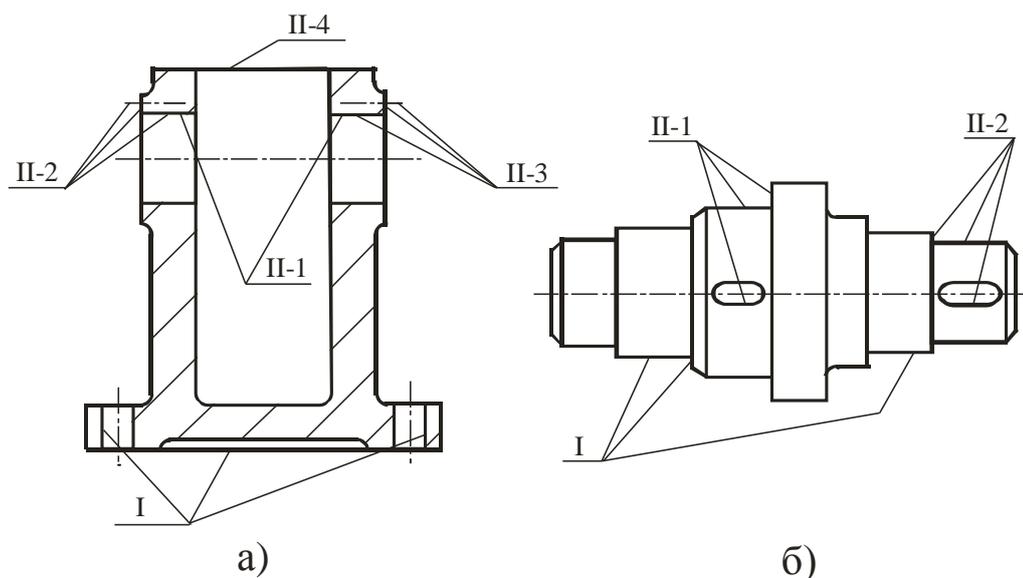
1. Исполнительные поверхности – поверхности, при помощи которых деталь выполняет своё служебное назначение.
2. Основные конструкторские базы – поверхности, при помощи которых определяется положение данной детали в изделии.
3. Вспомогательные конструкторские базы – поверхности, при помощи которых определяется положение присоединяемых деталей относительно данной.
4. Свободные поверхности – поверхности, не соприкасающиеся с поверхностями других деталей.

В курсовом проекте рекомендуется вначале выявить исполнительные поверхности детали, о чём в ПЗ должна быть сделана соответствующая запись. Например: «Исполнительными поверхностями детали – ведущая шестерня являются боковые поверхности зубьев для передачи крутящего момента на ведомую шестерню конечной передачи».

Затем нужно выявить основные конструкторские базы детали. При этом необходимо помнить, что любая деталь (любое изделие) обязательно имеет один и только один комплект основных конструкторских баз. В самом деле,

положение любой детали должно быть вполне определённым относительно других деталей, будь то на стадии конструирования или сборки машины. Для этого необходим соответствующий комплект основных конструкторских баз. Но этот комплект должен быть единственным, иначе возникает неоднозначность, неопределённость базирования.

В ПЗ студенты должны показать эскиз заданной детали и цифрой I обозначить выявленный комплект основных конструкторских баз так, как показано на рисунке 3.2.



**Рисунок 3.2 – Конструкторские базы корпуса редуктора (а) и валика (б):
I – основные конструкторские базы; II – вспомогательные конструкторские базы**

Далее следует выявить вспомогательные конструкторские базы детали. При выявлении этих баз студенты должны помнить, что вспомогательные конструкторские базы данной детали служат для ориентации присоединяемых к ней других деталей (для придания им определённости положения).

Поскольку присоединяемых деталей может не быть вообще, а может быть одна или несколько, то, соответственно, и комплектов вспомогательных конструкторских баз может не быть либо может быть один или несколько.

В ПЗ студенты должны на эскизе заданной детали цифрой II обозначить выявленные комплекты вспомогательных конструкторских баз так, как показано на рисунке 3.2.

Для строгости разделения поверхностей по назначению необходимо выделять отдельно исполнительные поверхности и вспомогательные базы. Исполнительной поверхностью деталь выполняет свое служебное назначение, при этом ею деталь может соприкасаться с другими деталями, но она не является базой для присоединенных деталей. Вспомогательные же базы служат для ориентации присоединяемых деталей.

Деталь может не иметь исполнительных поверхностей и может не иметь комплектов вспомогательных баз. Но любая деталь обязательно имеет или то, или другое, или и то и другое.

И, наконец, выявляются свободные поверхности детали. Понятие «свободные поверхности» обычно не вызывает трудностей в понимании у студентов.

3.2.3 Качественный анализ технологичности конструкции детали

В процессе курсового проектирования конструкция детали должна быть самым тщательным образом проанализирована. Цель такого анализа – выявление недостатков конструкции по сведениям, содержащимся в чертежах и технических требованиях, а также возможное улучшение технологичности рассматриваемой конструкции.

Технологический контроль чертежей сводится к тщательному их изучению. Рабочие чертежи изготавливаемых деталей должны содержать все необходимые сведения, дающие полное представление о детали, т.е. все проекции, разрезы и сечения, совершенно четко и однозначно объясняющие ее конфигурацию, и возможные способы получения заготовки. На чертеже должны быть указаны все размеры с отклонениями, требуемая шероховатость обрабатываемых поверхностей, допускаемые отклонения от правильных геометрических форм, а также взаимного положения поверхностей. Чертеж должен содержать все необходимые сведения о материале детали, термической обработке, применяемых защитных и декоративных покрытиях, массе детали и др. Таким образом, технологический контроль – важная стадия проектирования технологических процессов, он способствует выяснению и уточнению приведенных выше факторов.

Технологический анализ конструкции обеспечивает улучшение технико-экономических показателей разрабатываемого технологического процесса. Поэтому технологический анализ – один из важнейших этапов технологической разработки, в том числе и курсового проектирования.

Порядок и правила отработки изделий на технологичность регламентируются ГОСТ 14.201-83 «Обеспечение технологичности конструкции изделий. Общие требования».

Основные задачи, решаемые при анализе технологичности конструкции заданной детали, сводятся к возможному уменьшению трудоемкости и металлоемкости, возможности обработки детали высокопроизводительными методами. Таким образом, улучшение технологичности конструкции позволяет снизить себестоимость ее изготовления без ущерба для служебного назначения.

Оценка технологичности конструкции изделия бывает качественная и количественная. В курсовом проекте студенты должны дать только качественную оценку технологичности конструкции заданной детали.

Качественный анализ технологичности целесообразно проводить в следующей последовательности.

1. На основании изучения условий работы узла изделия, а также учитывая заданную годовую программу, проанализировать возможность упрощения конструкции детали, замены сварной или сборной конструкцией, а также возможность и целесообразность замены материала.

2. Установить возможность применения высокопроизводительных методов обработки, одновременной обработки нескольких заготовок на одном станке, многоинструментной, многосторонней и других прогрессивных методов обработки, обеспечения беспрепятственного входа и выхода режущего инструмента.

3. Проанализировать степень унификации и стандартизации конструктивных элементов заданной детали (резьбы, канавок, фасок, галтелей, радиусов, диаметров, модулей, размеров шлицев, шпоночных пазов и др.). Выявить труднодоступные для обработки места. Данный анализ следует выполнять с учетом рекомендаций, изложенных в [5, 6].

Определив степень унификации и стандартизации конструктивных элементов заданных деталей, студенты должны в ПЗ сделать краткий вывод. Например: «Большинство диаметральных и линейных размеров детали – ведущая шестерня входят в ряды нормальных линейных размеров по ГОСТ 6636-69 [6], например: диаметры 75, 82, 90, 105 и др. Галтели по шейкам с диаметрами 75 и 90 мм имеют радиусы, равные 2 мм, что соответствует рекомендуемым [6]. Размеры радиусов закруглений и фасок также соответствуют рекомендуемым [6], например: радиусы R1; R1,6; R2; фаски 1x45°; 2x45°; 3x45°. Следовательно, конструктивные элементы данной детали в достаточной степени стандартизованы и унифицированы».

4. Определить возможность совмещения технологических и измерительных баз при выдерживании размеров, оговоренных допусками; необходимость дополнительных технологических операций для получения заданной точности и шероховатости обработанных поверхностей.

5. Определить возможность непосредственного измерения заданных на чертеже размеров.

6. Определить поверхности, которые могут быть использованы в качестве технологических баз, возможность введения искусственных баз.

7. Проанализировать возможность выбора рационального метода получения заготовки, учитывая экономические факторы.

8. Предусмотреть в конструкциях деталей, подвергающихся термической обработке, конструктивные элементы, уменьшающие коробление деталей в процессе нагрева и охлаждения, и определить, правильно ли выбран материал с учетом термической обработки.

9. Установить определенность соотношения между параметрами шероховатости обрабатываемых поверхностей и точностью их размеров. Примерные соотношения между ними могут быть установлены по [5].

С целью упрощения анализа технологичности нужно учитывать и частные рекомендации, относящиеся к деталям распространенных типов. Частные технологические требования, предъявляемые к корпусным деталям, приведены в [4, 5], к рычагам и кронштейнам в [5], ко втулкам и дискам в [5], к валам и

осям в [5], к коническим зубчатым колесам в [5], к цилиндрическим зубчатым колесам в [5].

Все замечания, выявленные при контроле чертежа, качественном анализе технологичности, а также предложения по улучшению конструкций следует систематизировать и изложить в пояснительной записке. Эскизы изменённой конструкции детали следует привести в ПЗ рядом с эскизами соответствующих существующих конструкций. Если вносимые изменения представляют существенный интерес, допускается выносить чертежи конструкций, отработанных на технологичность, в графическую часть проекта. Дальнейшая разработка технологии изготовления детали производится по изменённой студентом конструкции. Все изменения должны быть одобрены руководителем проекта.

Пример анализа технологичности конструкции детали приведён в [4, 5].

3.2.4 Анализ технических требований на деталь

Анализ технических требований, предъявляемых к детали, следует начать с исключения излишних или введения недостающих требований. При этом анализе следует руководствоваться теми же принципами, что и при анализе технических требований, предъявляемых к сборочной единице. При этом учитывают годовую программу, такт выпуска и тип производства.

В случае отсутствия технических требований на чертеже детали, выданной на курсовое проектирование, они разрабатываются самим студентом исходя из служебного назначения детали и условий ее изготовления.

Для двух-трех требований (по указанию преподавателя) анализ выполняют на качественном уровне в следующем порядке:

- формулируют техническое требование с указанием конкретных цифровых данных допустимых отклонений;
- указывают возможные последствия невыполнения сформулированного технического требования, при необходимости приводят схематичные иллюстрации;
- выполняют эскизную схему контроля (проверки) сформулированного технического требования при помощи универсальных и специальных средств контроля, приводят описание схемы и методики контроля (проверки).

Пример 1. Деталь – ось колеса направляющего.

Техническое требование №... Радиальное биение поверхности А относительно поверхности Б не должно превышать 0,04 мм.

Схема контроля указанного технического требования приведена на рисунке 3.3. Ось 1 устанавливают опорными шейками на призмы 2 и упирают левым торцом в опору 3. Индикатор 4 (модели ИЧ5РН, ГОСТ577-68, цена деления 0,01 мм) укрепляют на стойке 5 так, чтобы его измерительный наконечник касался поверхности А. Прижимая ось к опоре 3, поворачивают ее в призме. Отклонение определяют по разности между крайними значениями отклонений индикатора.

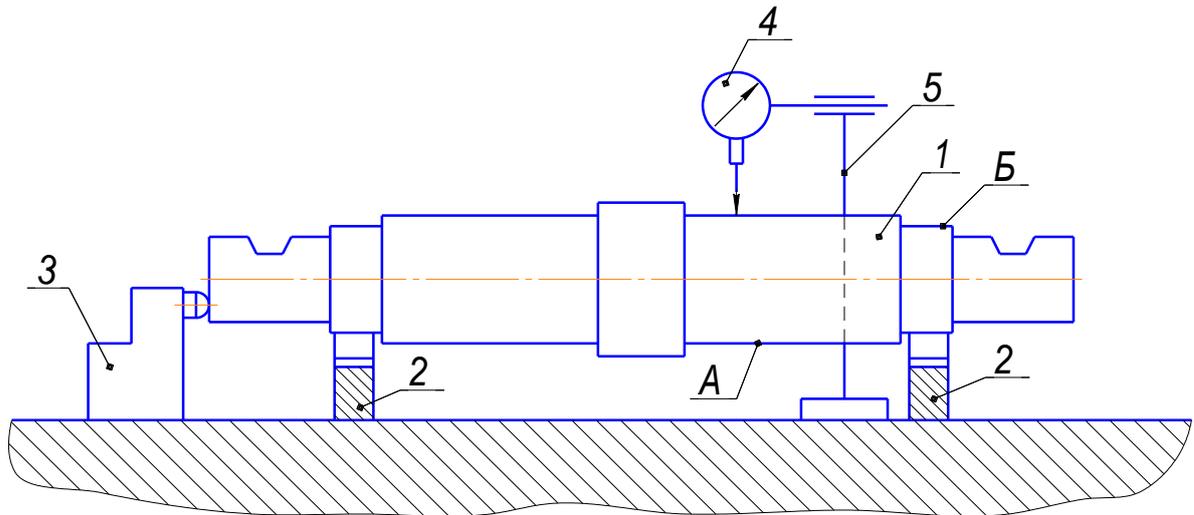


Рисунок 3.3 – Схема контроля радиального биения оси колеса направляющего

Невыполнение данного технического требования может привести к увеличению силы запрессовки роликоподшипников на шейки А, появлению циклических нагрузок и, вследствие этого, усталостному разрушению оси.

Пример 2. Деталь – барабан тормозной.

Техническое требование №... Торцовое биение поверхности Б относительно оси отверстия не более 0,06 мм.

Схема контроля приведена на рисунке 3.4. Барабан тормозной 1 устанавливают по отверстию и торцу ступицы на разжимную оправку 2. Индикатор 3 (модели ИЧ10М, ГОСТ577-68, цена деления 0,01 мм) укрепляют на стойке 4 так, чтобы его измерительный наконечник касался торца обода барабана. Затем барабан поворачивают на оправке. Торцовое биение определяют по разности между крайними значениями отклонений стрелки индикатора.

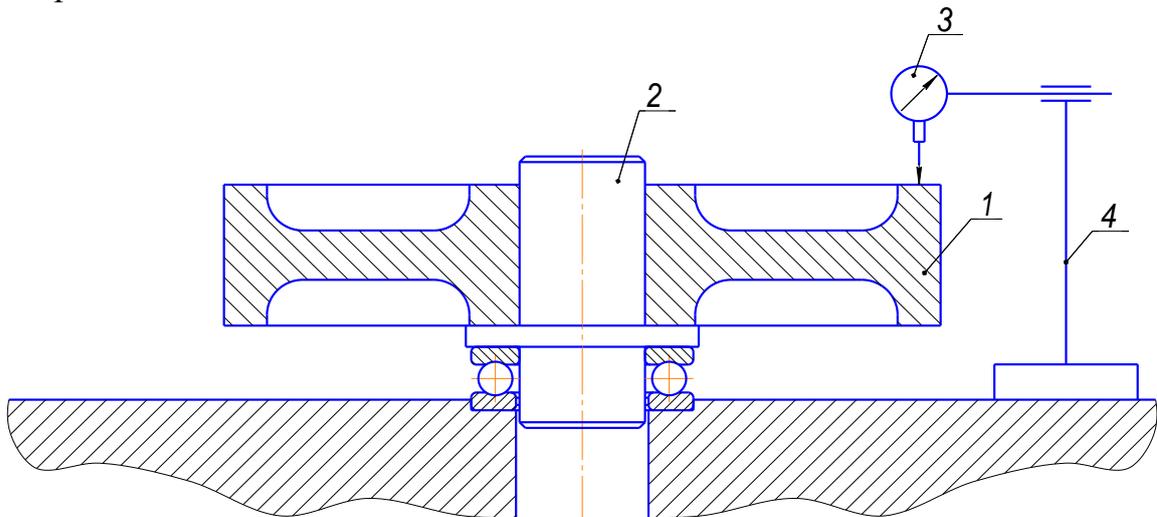


Рисунок 3.4 – Схема контроля торцового биения барабана тормозного

Невыполнение данного технического требования может привести к биению барабана при движении трактора, появлению циклических нагрузок и, вследствие этого, усталостному разрушению ведущей шестерни конечной передачи.

В результате анализа технических требований может быть выявлена необходимость вернуться к отработке на технологичность и внесения, в связи с этим, изменений в конструкцию детали. Эти изменения иллюстрируют эскизами, которые прилагают к ПЗ.

Подробнее об основных моментах, на которые следует обратить внимание при анализе и разработке технических требований к детали, а также другие примеры выполнения этого анализа в [4].

По окончании указанной работы студенты оформляют рабочий чертеж детали.

3.2.5 Обоснование способа получения заготовки

В машиностроении наиболее широко применяют такие методы формообразования заготовок, как литье и обработка давлением. Однако каждый из этих методов содержит большое число способов получения заготовок. Поскольку обеспечить требования, предъявляемые к качеству детали, можно, используя заготовки, полученные различными способами – то выбор способа получения заготовки – это сложная, многовариантная задача. Решение этой задачи в реальном производстве осуществляют на основе минимизации такого показателя как себестоимость изготовления детали, где комплексно учитываются затраты на получение заготовки и обработку резанием этой заготовки с целью получения детали.

В курсовом проекте необходимо учесть следующие факторы: характер производства, технологические свойства материала и условия эксплуатации детали, а также размеры, массу и конфигурацию детали.

Большое влияние на выбор способа получения заготовок оказывает характер производства, его серийность. На базе увеличения серийности производства следует повышать точность формообразующих процессов получения заготовок, благодаря чему можно значительно сократить припуски на обработку резанием (в среднем на 25-30% к массе заготовки) и тем самым снизить трудоемкость механической обработки детали.

В массовом и крупносерийном производстве повышение точности и качества поверхностей заготовки, а также высокая производительность обеспечиваются в большинстве случаев выбором специальных и специализированных способов получения заготовок. Поэтому в курсовом проекте для условий массового и крупносерийного производства следует отдавать предпочтение тем способам, которые обеспечивают наибольший коэффициент использования металла.

При выборе способа получения заготовки необходимо учитывать технологические свойства материала детали. Чем ниже технологические свойства, тем сложнее получить качественную заготовку. Следовательно, тем

сложнее будет технологический процесс получения заготовки, тем выше окажется себестоимость детали. Например, при выборе способа получения отливки для детали из сплава с пониженными литейными свойствами не рекомендуются такие способы, как литье в кокиль или литье под давлением. Низкая податливость металлических форм при этих способах формообразования способствует возникновению литейных напряжений, короблению отливки и трещинообразованию. В таких случаях наиболее целесообразно применение способов: оболочковое литье и литье в песчано-глинистые формы.

Обычно при выборе метода формообразования заготовки ориентируются в первую очередь на материал и требования к нему с точки зрения обеспечения служебного назначения детали. Следовательно, особо ответственные детали, к которым предъявляются высокие требования по размеру зерна, направлению волокон, а также по уровню механических свойств, следует изготавливать из заготовки, полученной обработкой давлением.

Размеры, масса и конфигурация детали во многих случаях при выборе способа получения заготовки играют решающую роль. Так, например, корпусные коробчатые детали независимо от типа производства изготавливают литьем, однако конкретный способ литья определяется с учетом технических возможностей оборудования и технологической оснастки: литье в кокиль – сравнительно несложная форма и масса до 500 кг, литье в песчано-глинистые формы – размеры, масса и конфигурация любые.

Особенно необходимо учитывать возможности оборудования при выборе способа при методе обработки давлением, так как возможности оборудования в этом случае – основной определяющий момент. Чем больше и сложнее по форме деталь, тем дороже обходится изготовление штампов, тем мощнее должно быть оборудование. В результате – практически каждый способ имеет те или иные ограничения. Например, штамповка на горизонтально-ковочных машинах – точный и высокопроизводительный способ, применяемый в условиях крупносерийного и массового производства. Но номенклатура поковок ограничена. Это обычно тела вращения, сравнительно несложной формы, массой не более 30 кг.

Поскольку удельная стоимость поковок и отливок в общем случае растет с уменьшением их массы, то во многих случаях оказывается целесообразным применение проката в качестве заготовки. Рекомендации по выбору заготовок из проката в [7].

В массовом и крупносерийном производстве целесообразно применять такие способы получения заготовок, которые обеспечивают максимально возможное приближение формы и размеров заготовки к форме и размерам готовой детали. Припуски можно уменьшить и учитывая конкретные условия выполнения технологического процесса, применив расчетно-аналитический метод их определения.

При выполнении курсового проекта студент должен выбрать один из возможных способов получения заготовки, дать его краткое описание, указать точность получаемых размеров, взаимного расположения поверхностей и их

шероховатость, а также указать достоинства и недостатки выбранного способа получения заготовки. Описание способа получения заготовки может быть представлено, например, в следующем виде: «Деталь «Вилка» имеет массу до 3 кг и изготавливается из среднеуглеродистой стали в условиях крупносерийного производства. Деталь имеет простую конфигурацию, ограниченную гладкими и ступенчатыми, плоскими, цилиндрическими и комбинированными поверхностями с наличием ребер, буртов, бобышек, фланцев и отверстий. Для указанных значений факторов в качестве способов получения заготовки рекомендуются: литье в песчано-глинистые формы; центробежное литье; литье в кокиль; литье в оболочковые формы; литье по выплавляемым моделям, прокат. В связи с тем, что заготовка из проката не сможет обеспечить высокое значение коэффициента использования материала, то в качестве метода получения заготовки выбираем литье, а в качестве способа – литье в кокиль. Указанный способ позволяет обеспечить точность поверхностей отливки в диапазоне 5-9 степени точности, класс точности массы 5 т – 11, класс размерной точности 5-9, с шероховатостью поверхностей заготовки по параметру Ra не более 50 мкм. Достоинствами выбранного способа заготовки по сравнению с другими способами являются...».

Данные размерной точности и шероховатости поверхностей заготовки в дальнейшем должны быть использованы при проектировании планов обработки отдельных поверхностей детали.

Более подробно рекомендации по выбору способов получения заготовок изложены в [8, 9, 10, 11], а примеры по выбору этих способов представлены в [3, 4].

3.2.6 Составление планов обработки отдельных поверхностей заготовки и назначение допусков на обработку

Требования, предъявляемые к качеству детали, обеспечивают ее последовательным уточнением по ходу операций технологического процесса. Поэтому перед составлением маршрута обработки всей детали в целом необходимо, исходя из требований к точности размеров, шероховатости поверхностей и качеству поверхностного слоя, наметить планы обработки для всех поверхностей детали, которые в дальнейшем необходимы для расчета операционных размеров и допусков на обработку, выбора технологических баз, разработки схем базирования и схем установки заготовок.

В курсовом проекте составление плана обработки и назначение допусков на обработку производится для двух-трех поверхностей по указанию преподавателя.

Для удобства составления планов обработки отдельных поверхностей заготовки в ПЗ необходимо вычертить упрощённый эскиз детали и выполнить нумерацию всех поверхностей. Нумерация поверхностей производится по часовой стрелке, начиная с левого крайнего торца. Сначала нумеруются основные наружные поверхности, затем внутренние. Переходные поверхности (фаски, канавки, лыски и т.д.) нумеруются в той же последовательности, но

после нумерации основных поверхностей. Пример выполнения нумерации поверхностей детали приведён на рисунке 3.5.

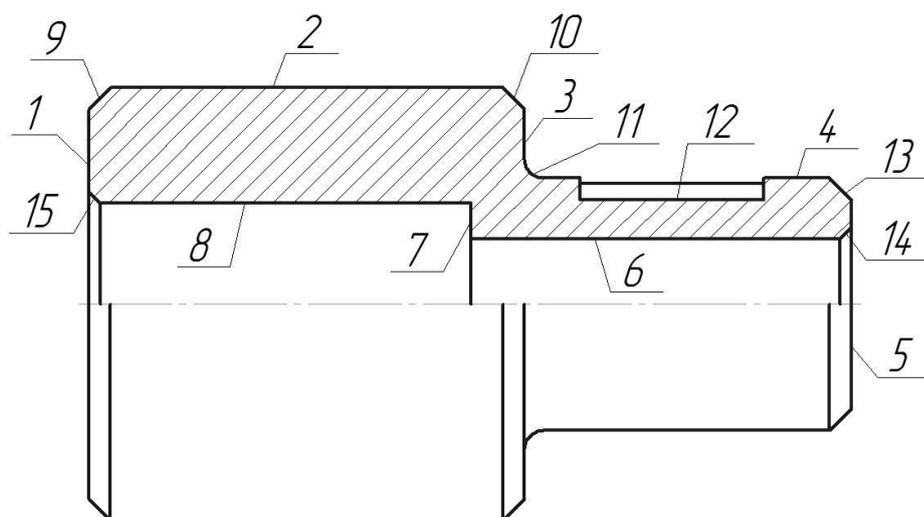


Рисунок 3.5 – Упрощенный эскиз детали

Предварительно количество переходов, необходимых для обеспечения заданных требований к качеству детали, рекомендуется либо вычислять по формуле:

$$n = \frac{\lg \varepsilon_{\partial}}{\varepsilon_{cp}}, \quad (36)$$

где n – необходимое число переходов при обработке поверхности; ε_{∂} – общее уточнение рассматриваемой поверхности; ε_{cp} – среднее уточнение по методам механической обработки, либо определять на основании специальных таблиц точности и качества обрабатываемых поверхностей, приведенных в приложении А. Кроме того, рекомендации по проектированию планов обработки отдельных поверхностей приведены в [11].

При проектировании планов обработки отдельных поверхностей необходимо соблюдать следующие условия:

– при реализации черновых переходов обрабатываемая поверхность должна становиться точнее на 3-4 квалитета, а при реализации чистовых переходов – на 1-2 квалитета;

– общее уточнение детали должно быть равно произведению уточнений на отдельных переходах, т.е.:

$$\varepsilon_{\partial} = \varepsilon_1 \cdot \dots \cdot \varepsilon_i \cdot \dots \cdot \varepsilon_n; \quad \varepsilon_i = \frac{T_i}{T_{i-1}}, \quad (37)$$

где ε_i – уточнение поверхности на i – м переходе; T_i – допуск поверхности детали после реализации i –го перехода; T_{i-1} – допуск поверхности после $i - 1$ –го перехода.

При проектировании планов обработки отдельных поверхностей необходимо стремиться к тому, чтобы при обработке однотипных поверхностей повторяемость методов обработки была максимальной. Соблюдение данного условия позволяет при проектировании технологического процесса использовать одинаковый режущий инструмент, соблюдать принцип единства баз и вести проектирование технологического процесса по принципу концентрации операций. Выбранные планы обработки отдельных поверхностей представляются в табличной форме (см. таблицу 3.6).

Таблица 3.6 – Планы обработки отдельных поверхностей заготовки

№ поверхности	Вид поверхности, требования к точности	План обработки поверхности (переход)	Квалитет точности (допуск)	Шероховатость поверхности, Ra (Rz)	Уточнение поверхность и на переходе, ε_i
1	Наружная цилиндрическая $\varnothing 50h7$, шероховатость Ra1,25	Заготовка штамповка	\approx IT16 (1600 мкм)	Ra50 (Rz 200)	-
		Точение черновое	IT13 (390 мкм)	Ra12,5 (Rz50)	$\varepsilon_i = 4,1$
		Точение получистовое	IT11(160 мкм)	Ra3,2 (Rz 12,5)	$\varepsilon_i = 2,4$
		Точение чистовое	IT9 (62 мкм)	Ra2,5 (Rz 10)	$\varepsilon_i = 2,6$
		Точение тонкое	IT7 (25 мкм)	Ra1,25 (Rz5)	$\varepsilon_i = 2,5$
2

Более подробно о выборе способов обработки отдельных поверхностей заготовки изложено в [3, 4] и там же представлены примеры выбора этих способов для конкретных деталей.

3.2.7 Проектирование технологического маршрута изготовления детали

Разработать технологический маршрут изготовления детали – значит определить необходимые технологические операции, их содержание и последовательность выполнения.

Проектирование технологического маршрута обработки детали основывается на разработанных ранее планах обработки отдельных поверхностей, которые группируются и объединяются в маршрутный технологический процесс. В одну операцию группируются переходы обработки поверхностей, сходные по методу обработки, точности, шероховатости.

При разработке технологического маршрута необходимо руководствоваться следующими основными принципами:

- в первую очередь (на первой операции технологического процесса) необходимо обрабатывать поверхности, которые приняты в качестве технологических баз для последующих операций технологического процесса, например, центральное отверстие в зубчатом колесе, втулке, диске, шкиве и т.п., центровые отверстия в заготовке вала, плоскость у корпусной детали и т.д., при этом в качестве баз на первой операции необходимо выбирать наиболее точные поверхности;

- при невысокой точности исходной заготовки сначала обрабатываются поверхности, имеющие наибольшую толщину удаляемого материала. Дальнейшую последовательность обработки необходимо устанавливать в зависимости от требуемой точности поверхности: чем точнее поверхность, тем позднее ее необходимо обрабатывать. При разработке технологического маршрута необходимо также учитывать, что на каждой стадии технологического процесса выполняются операции, обеспечивающие примерно одинаковую точность обработки;

- в последнюю очередь производят обработку поверхностей, к которым предъявляются наиболее жесткие требования по точности размеров, относительного расположения, формы и шероховатости. Кроме того, последовательность обработки поверхностей зависит от системы простановки размеров на чертеже детали. В начало маршрута выносят обработку той поверхности, относительно которой на чертеже задано наибольшее количество размеров;

- операции обработки поверхностей, не влияющих на точность наиболее ответственных поверхностей детали, необходимо осуществлять в конце технологического процесса перед операциями окончательной (финишной) обработки ответственных поверхностей. Кроме того, в конец маршрута выносят обработку легкоповреждаемых поверхностей (резьбовые поверхности, шлицевые поверхности и т.п.) и поверхностей, существенно уменьшающих жесткость детали в процессе обработки, например, при обработке ступенчатых валов ступени меньшего диаметра обрабатывают обычно в конце маршрута;

- при наличии термообработки (цементация, закалка и т.д.) отдельных поверхностей необходимо предусмотреть их повторную обработку, для обеспечения требуемой точности и шероховатости. Поверхности, получившие высокую твердость после термической операции, возможно обрабатывать лишь абразивным или алмазным инструментом.

При разработке технологического маршрута для конкретной детали следует руководствоваться маршрутами обработки типовых деталей, которые приведены в учебной и справочной литературе [12, 13, 14, 15]. Приведенные в указанных литературных источниках типовые ТП следует откорректировать в соответствии с конкретными условиями (тип производства, вид заготовки и пр.).

После определения перечня операций в технологическом маршруте следует уточнить все переходы каждой операции. Содержание переходов

рекомендуется формулировать в соответствии с ГОСТ 3.1702-79 «Правила записи операций и переходов. Обработка резанием».

В технологический маршрут следует включать операции термической обработки (если она должна быть) с указанием её содержания, а также операции промежуточного и окончательного контроля. В курсовом проекте в технологический маршрут следует включать вспомогательные операции, такие как, например, моечные, слесарные и др.

Для реализации процесса обработки производится предварительный выбор необходимого оборудования. Рациональный выбор оборудования для выполнения той или иной операции обработки имеет первостепенное значение для экономичной, высокопроизводительной и качественной работы. При этом необходимо пользоваться паспортами на имеющееся оборудование (станки) либо специальными каталогами, в которых приводятся техническая характеристика и другие данные, необходимые для установления возможности выполнения операции обработки на том или ином станке. Важное значение имеет производительность и мощность станка, его точность и соответствие габаритным размерам обрабатываемых заготовок, возможность применения прогрессивного инструмента и оснастки.

В единичном (индивидуальном) и мелкосерийном производстве механическая обработка осуществляется обычно на универсальном оборудовании. При этом на одном станке может выполняться несколько операций. В условиях среднесерийного производства предпочтение отдается оборудованию с числовым программным управлением, обладающим большими технологическими возможностями, которые позволяют широко использовать принцип концентрации переходов и операций. Основным оборудованием в условиях массового и крупносерийного производства являются автоматы и полуавтоматы, агрегатные станки, многошпиндельные сверлильные и фрезерные станки, автоматические и полуавтоматические линии, обеспечивающие высокую производительность труда.

Выбираемое станочное оборудование должно обладать техническими характеристиками, позволяющими осуществить обработку на спроектированной операции с соблюдением требований к точности, взаимному расположению и шероховатости поверхностей в соответствии с принятым маршрутом обработки детали. Рекомендации по выбору оборудования представлены в [3, 16, 17, 18, 19, 20]. При последующем проектировании иногда приходится заменять одну модель станка на другую, если при расчёте режима обработки выявится несоответствие, например, привода станка.

Подробнее об основных принципах, на которые следует обратить внимание при проектировании технологического маршрута изготовления детали, а также примеры разработки этого маршрута для конкретных деталей в [3, 4].

На этой стадии проектирования технологического процесса обработки детали проектант в ПЗ должен предложить два варианта технологического маршрута. Варианты могут отличаться последовательностью обработки поверхностей и выполнения операций, применяемым оборудованием, степенью

концентрации и дифференциации операций и т.д. Оба варианта технологического маршрута следует оформить в ПЗ в табличной форме (таблица 3.7). В таблице 3.7 представлен фрагмент первого варианта технологического маршрута изготовления детали, показанной на рисунке 3.5.

Таблица 3.7 – Технологический маршрут изготовления детали – первый вариант

Номер		Наименование и краткое содержание операции	Станок
операции	перехода		
005	01 02	Токарная с ЧПУ Точить поверхности 2 и 4 Подрезать торцы 3 и 5	Токарно-винторезный 16К20Ф3
...
025	01	Вертикально-фрезерная Фрезеровать паз 12	Вертикально-фрезерный 6В11
030		Контрольная	

Аналогичным образом оформляется второй вариант технологического маршрута изготовления детали.

3.2.8 Сравнение вариантов маршрута ТП. Окончательный выбор варианта технологического маршрута

Одним из основных критериев выбора маршрута технологического процесса обработки заготовки служит результат сравнения разработанных вариантов маршрута по технико-экономическим показателям.

По результату этого сравнения принимают для последующей разработки тот технологический маршрут, который обеспечивает лучшие технико-экономические показатели.

При проведении указанного сравнения необходимо учитывать следующие показатели:

- количество технологических операций и переходов;
- количество технологического оборудования и оснастки (приспособлений, режущих инструментов, средств измерения и т.д.);
- сложность и ориентировочная стоимость технологического оборудования и оснастки;
- организационно-технические характеристики производства (потребности в производственных площадях, рабочих, сложность и длительность цикла технологической подготовки производства, длительность производственного цикла и др.).

Для удобства проведения сравнительного анализа двух разработанных технологических маршрутов изготовления детали в ПЗ рекомендуется оформить специальную таблицу (таблица 3.8).

В результате анализа этой таблицы проектант должен указать, какой из вариантов технологического маршрута принят для реализации, и обосновать сделанный выбор, т.е. указать, по каким вышеприведённым технико-экономическим показателям было отдано предпочтение тому или иному варианту.

Таблица 3.8 – Сравнение вариантов маршрута обработки детали

Наименование показателя	Значение показателя	
	Первый вариант маршрута	Второй вариант маршрута
1. Количество основных операций
2. Количество основных переходов
3. Количество основного технологического оборудования
4. Количество режущих инструментов
5.

3.2.9 Выбор технологических баз

Выбор технологических баз определяет точность получаемых размеров, относительного расположения поверхностей, получаемых в процессе обработки, влияет на выбор режущих инструментов, определяет вид используемых станочных приспособлений, а также производительность обработки.

Выбор технологических баз связан с маршрутом обработки заготовки, поэтому при их выборе студент должен ясно представлять себе общий (укрупненный) план изготовления детали. В связи с этим пункты 3.2.7 и 3.2.9 пояснительной записки должны выполняться совместно друг с другом.

Выбор технологических баз зависит от требований, которые предъявляются к точности размеров, точности относительного расположения поверхностей, геометрической формы обрабатываемых поверхностей, а также их взаимной размерной увязки.

При выборе технологических баз необходимо учитывать следующие основные принципы:

- при обработке заготовок, полученных литьем или штамповкой, необработанные поверхности можно использовать в качестве баз только на первой операции;

- на первой операции технологического процесса должны обрабатываться поверхности, которые будут являться технологическими базами на

последующих операциях технологического процесса. Исходя из этого, в качестве баз на первой операции технологического процесса должны использоваться наиболее точные поверхности заготовки, при этом установочная база должна иметь наибольшие габаритные размеры, направляющая база должна иметь наибольшую протяженность, опорная база наименьшие геометрические размеры;

- при прочих равных условиях наибольшая точность обработки достигается при использовании на всех операциях одних и тех же баз, т.е. при соблюдении принципа единства (постоянства) баз. Так, если в заготовке вала за технологическую базу приняты центровые отверстия и все поверхности вала, положение которых координировано относительно оси, проходящей через эти центровые отверстия, обработаны относительно их на всех операциях (токарной, шлифовальной, резьбонарезной и т.д.) – вал будет обработан наиболее точно;

- если неизбежна смена одной технологической базы на другую при переходе от операции к операции, то следует эту смену сделать так, чтобы эта новая база была бы уже обработана и наиболее точно координирована относительно первой. Это условие будет выдержано, например, в случае шлифования центрального отверстия шестерни после термообработки, если шестерня будет базироваться профилем зубьев («делительной окружностью») на роликах или шариках специального патрона;

- при выборе технологических баз необходимо стремиться соблюдать принцип совмещения баз, т.е. совмещать технологические, конструкторские и измерительные базы. При соблюдении данного принципа возникают наиболее короткие технологические размерные цепи и, соответственно, уменьшаются погрешности получаемых размеров (относительных положений) обрабатываемых поверхностей;

- в первую очередь необходимо выбирать технологические базы, используемые при обработке большинства поверхностей детали, а затем базы для первой операции проектируемого технологического процесса.

В связи с тем, что задача выбора технологических баз является многовариантной, ее решение необходимо дополнить анализом выбираемых схем базирования с позиций возможности обеспечения требований, предъявляемых к точности обработки. При выполнении анализа схем базирования необходимо руководствоваться методическими указаниями, изложенными в [4].

В ПЗ для всех операций выбранного технологического маршрута требуется привести теоретическую схему базирования с указанием комплекта технологических баз (рисунок 3.6). При этом рекомендуется использовать наиболее распространенные схемы базирования по ГОСТ 21495-76 «Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения», а также схемы базирования, приведённые в учебниках и справочниках [4, 12, 21].

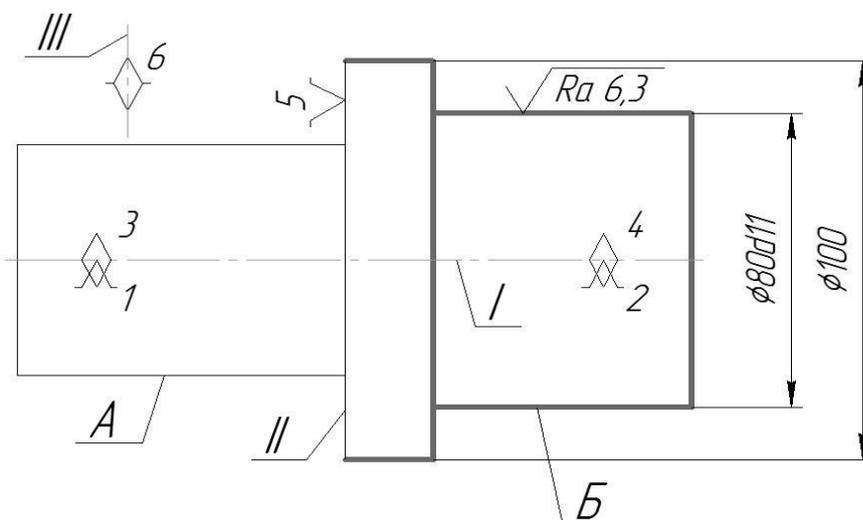


Рисунок 3.6 – Теоретическая схема базирования заготовки на операции 005

Комплект технологических баз:

- І – двойная направляющая скрытая база (воображаемая ось поверхностей А и Б, точки 1, 2, 3, 4);
- ІІ – опорная явная база (левый торец, точка 5);
- ІІІ – опорная скрытая база (воображаемая плоскость, точка 6).

3.2.10 Расчет припусков на обработку, межпереходных размеров и глубины резания

После проектирования технологического маршрута необходимо определить припуски на обработку и размеры обрабатываемой поверхности по переходам. В машиностроении широко применяют два метода установления припусков на обработку – опытно-статистический и расчётно-аналитический.

При первом методе общие и промежуточные припуски берут по таблицам, которые составляют на основе обобщения и систематизации производственных данных передовых заводов. Недостаток этого метода заключается в том, что припуски назначают без учёта конкретных условий построения ТП. Второй метод определения припусков основан на учёте конкретных условий выполнения ТП обработки. Он выявляет возможность экономии материала и снижения трудоёмкости механической обработки.

В курсовом проекте расчёт минимальных промежуточных припусков по технологическим переходам на обработку поверхности, указанной преподавателем, требуется выполнить расчётно-аналитическим методом.

Минимальный припуск Z_{imin} определяется по следующим формулам:

- при обработке наружных и внутренних поверхностей вращения (двусторонний припуск)

$$2Z_{i \min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{y_i}^2}); \quad (38)$$

- при последовательной обработке противоположных поверхностей (односторонний припуск)

$$Z_{i \min} = (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{yi}); \quad (39)$$

- при параллельной обработке противоположных поверхностей (двусторонний припуск)

$$2Z_{i \min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{yi}), \quad (40)$$

где Rz_{i-1} – высота неровностей профиля на предшествующем переходе;

T_{i-1} – глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе (обезуглероженный или отбеленный слой);

ρ_{i-1} – суммарные отклонения расположения поверхности (отклонение от параллельности, перпендикулярности, соосности) на предшествующем переходе;

ε_{yi} – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

На основе приведенных общих структурных формул могут быть получены частные расчетные формулы для конкретных случаев обработки. В этих формулах в зависимости от условий выполнения операции исключают те или иные составляющие.

Пример 1. При обтачивании цилиндрической заготовки в центрах погрешность установки $\varepsilon_i = 0$. Тогда припуск на диаметр:

$$2Z_{i \min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}). \quad (41)$$

Пример 2. При развертывании плавающей разверткой и протягивании отверстий смещения и увод оси не устраняются, а погрешности установки в этом случае нет. Тогда припуск определяется по формуле

$$2Z_{i \min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1}). \quad (42)$$

Пример 3. При суперфинишировании и полировании цилиндрических поверхностей уменьшается лишь шероховатость поверхности, поэтому припуск определяется высотой микронеровностей обрабатываемой поверхности:

$$2Z_{i \min} = 2Rz_{i-1}. \quad (43)$$

Пример 4. При шлифовании заготовок после термической обработки поверхностный слой нужно по возможности сохранить, поэтому слагаемое T_{i-1} нужно исключить из расчетной формулы. Для этих условий при наличии погрешности установки

$$Z_{i \min} = Rz_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{yi}; \quad (44)$$

$$2Z_{i \min} = 2(Rz_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}). \quad (45)$$

Если погрешности установки нет, то

$$Z_{i \min} = Rz_{i-1} + \rho_{i-1}; \quad (46)$$

$$2Z_{i \min} = 2(Rz_{i-1} + \rho_{i-1}). \quad (47)$$

Погрешность установки ε_y складывается из погрешности базирования ε_δ и погрешности закрепления ε_3 и определяется по формуле

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_3^2}. \quad (48)$$

При совмещении установочной и измерительной баз погрешность базирования $\varepsilon_\delta = 0$.

Значения составляющих вышеуказанных расчетных формул приведены в технологических справочниках [11, 22, 23, 24] и зависят от конфигурации и размеров заготовок, материала, метода ее получения и последующей обработки, а также способа установки заготовки на станках.

На основе расчета промежуточных припусков определяют предельные размеры заготовки по всем технологическим переходам.

Предельные размеры заготовки устанавливают в порядке, обратном ходу технологического процесса обработки данной поверхности, т.е. от размера готовой детали к размеру заготовки.

Исходные формулы для определения предельных размеров заготовки следующие:

для наружных поверхностей

$$2Z_{i\min} = D_{i-1\min} - D_{i\min} \quad (49)$$

и для внутренних поверхностей

$$2Z_{i\min} = D_{i\max} - D_{i-1\max}, \quad (50)$$

где $D_{i-1\max}$ и $D_{i-1\min}$ – наибольший и наименьший предельные размеры, полученные на смежном предшествующем переходе;

$D_{i\max}$ и $D_{i\min}$ – наибольший и наименьший предельные размеры, получаемые на выполняемом переходе.

Пользуясь исходными формулами (49) и (50), получаем для наружных поверхностей

$$D_{i-1\min} = D_{i\min} + 2Z_{i\min}, \quad (51)$$

$$D_{i-1\max} = D_{i-1\min} + IT_{i-1} \quad (52)$$

и для внутренних поверхностей

$$D_{i-1\max} = D_{i\max} - 2Z_{i\min}, \quad (53)$$

$$D_{i-1\min} = D_{i-1\max} - IT_{i-1}, \quad (54)$$

где IT_{i-1} – допуск на размер предшествующего перехода.

Предельные расчетные размеры по всем технологическим переходам определяют путем округления их в сторону увеличения – для наружных поверхностей и в сторону уменьшения – для внутренних поверхностей. Округление производят до того знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода.

Таким образом, исходя из заданных чертежом предельных размеров готовой детали определяем промежуточные предельные размеры по всем технологическим переходам от готовой детали до заготовки.

Максимальные промежуточные припуски на обработку определяются:

для наружных поверхностей

$$2Z_{i\max} = D_{i-1\max} - D_{i\max} \quad (55)$$

и для внутренних поверхностей

$$2Z_{i\max} = D_{i\min} - D_{i-1\min} \quad (56)$$

Правильность расчетов производится определением допуска на припуск IT_z по формулам

$$IT_z = Z_{i\max} - Z_{i\min} = IT_{i-1} - IT_i; \quad (57)$$

$$IT_z = 2Z_{i\max} - 2Z_{i\min} = IT_{i-1} - IT_i, \quad (58)$$

где IT_{i-1} – допуск на размер предшествующего перехода;

IT_i – допуск на размер выполняемого перехода.

Общие припуски $Z_{0\max}$ и $Z_{0\min}$ определяют как сумму промежуточных припусков на обработку:

$$Z_{0\max} = \sum z_{i\max}; \quad (59)$$

$$Z_{0\min} = \sum z_{i\min}. \quad (60)$$

Правильность расчетов можно также определить по уравнениям

$$Z_{0\max} - Z_{0\min} = IT_z - IT_\delta; \quad (61)$$

$$2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = IT_z - IT_\delta, \quad (62)$$

где IT_z , IT_δ – допуски на заготовку и размер готовой детали.

В ПЗ результаты требуемых расчётов следует оформить в табличной форме (таблица 3.9).

Таблица 3.9 – Карта расчёта припусков и операционных размеров

Технологические переходы	Допуск T , мкм	Припуски, мкм		Допуск на припуск IT_z , мкм	Предельные размеры по переходам, мм	
		Z_{\min} ($2Z_{\min}$)	Z_{\max} ($2Z_{\max}$)		L_{\min} (D_{\min})	L_{\max} (D_{\max})
0. Заготовка						
1.						
2.						
...						
Проверка расчёта: $T_z - T_\delta = 2Z_{0\max} - 2Z_{0\min}$						

В ПЗ для каждого i -го перехода по обработке указанной поверхности требуется определить глубину резания t_i , мм, по формуле

$$t_i = 2Z_{i_{\max}} / 2. \quad (63)$$

Примеры расчета промежуточных припусков на обработку и предельных размеров заготовки по технологическим переходам для наружных и внутренних поверхностей вращения, а также для плоских поверхностей приведены в [3, 24].

3.2.11 Проектирование операций механической обработки

3.2.11.1 Выбор приспособлений

Для реализации операций механической обработки детали производится выбор станочных приспособлений. В курсовом проекте выбор станочного приспособления производится для одной операции по указанию преподавателя.

Решение этой задачи осуществляется в два этапа. На первом этапе, на основании спроектированного маршрута и выбранных схем базирования, устанавливают группы используемых станочных приспособлений. На втором этапе конкретизируют принятые решения в виде краткой характеристики приспособления и принципа его работы. Данная характеристика должна отражать: группу используемого станочного приспособления; характер базирования детали в приспособлении (указание технологических баз); вид и форму рабочей поверхности установочных элементов; вид и форму рабочей поверхности зажимных элементов; место приложения сил зажима; вид привода приспособления; достоинства приспособления.

Характеристика выбранного станочного приспособления может быть представлена следующим образом. «На операции 045 (шлифовальная) в качестве приспособления для механической обработки используется гидропластовая оправка. Деталь базируется в приспособлении по внутренней цилиндрической поверхности (двойная направляющая база – четыре опорных точки) и по торцу (опорная база – одна опорная точка). Установочным и одновременно зажимным элементом приспособления является наружная цилиндрическая поверхность тонкостенной втулки, которая изменяет свою форму при приложении равномерного давления, создаваемого заключенным в оправке гидропластом. Давление гидропласта на втулку создается в результате перемещения штока приспособления, соединенного с поршнем пневматического цилиндра. Достоинством указанного приспособления является то, что оно позволяет обеспечить принцип совмещения баз на рассматриваемой операции и минимизировать погрешность базирования при обеспечении точности взаимного расположения наружной цилиндрической поверхности относительно внутренней цилиндрической поверхности.

Рекомендации по выбору приспособлений для механической обработки приведены в [25-37].

3.2.11.2 Выбор режущего и вспомогательного инструмента

В основе выбора инструментальной оснастки лежат требования по обеспечению точности и качества обработки, необходимой производительности, а также соответствия выбранному станочному оборудованию. В курсовом проекте выбор режущего и вспомогательного инструмента производится для одной операции по указанию преподавателя.

Выбор инструментальной оснастки осуществляется в два этапа. На первом этапе при определении маршрута изготовления детали (см. п. 3.2.7) устанавливается вид оснащения. На втором этапе конкретизируются принятые решения, то есть устанавливаются типоразмер инструмента и инструментальный материал.

При описании выбора режущего и вспомогательного инструмента на операциях механической обработки необходимо кратко охарактеризовать выбранную оснастку. Краткая характеристика режущего инструмента должна включать в себя: вид инструмента (например, резец или фреза), инструментальный материал и его принадлежность к специальным или стандартным. При краткой характеристике вспомогательного инструмента требуется только указание о его принадлежности к стандартным или специальным.

Для операций механической обработки характеристика режущего и вспомогательного инструмента должна быть подробной. Это поможет в разработке технологических наладок на эти операции. В этом случае для инструмента дополнительно следует указать метод соединения рабочей и крепежной частей, особенности геометрии и конструкции, а также их соответствие условиям обработки. Пример развернутой характеристики. «На операции 035 (фрезерной) применяется специальная торцовая фреза, оснащенная четырьмя пятигранными пластинами из твердого сплава T15K6 (группы применяемости P10 по ИСО). Применение сменных многогранных пластин обеспечивает повышение стойкости инструмента, что позволяет повысить скорость резания, и обеспечивает высокую надежность инструмента. Все это является обязательными условиями применения инструмента на станках с ЧПУ».

Для вспомогательного инструмента этих операций дополнительно нужно указать особенности конструкции (например, особенности регулирования, быстросменность и прочее). Пример развернутой характеристики вспомогательного инструмента. «На операции 075 (агрегатно-сверлильной) для нарезания резьбы в отверстии применяется специальный плавающий пружинный патрон, который обеспечивает самозатягивание инструмента и компенсирует несоответствие величины подачи с шагом нарезаемой резьбы, а также обеспечивает минимальное отклонение от соосности нарезаемой резьбы и отверстия. Подача достигается за счет резьбового копира. Метчик закрепляется в патроне при помощи разрезной втулки».

Рекомендации по выбору режущего и вспомогательного инструмента содержатся в [38-47].

3.2.11.3 Выбор средств измерений

Выбор средств измерений связан с множеством факторов, характеризующих метрологические параметры средства измерения, конструктивно-технологические особенности измеряемых величин, задачами на измерение этих величин, разнообразных организационных, технических и экономических факторов и т.д.

Прежде всего, выбранное средство измерения должно соответствовать по своей конструкции и габаритам для установки измеряемой детали и подходов измерительных устройств к измеряемой величине.

В массовом производстве основными средствами измерения являются высокопроизводительные механизированные и автоматизированные средства измерения и контроля. В серийном производстве основными средствами измерения и контроля служат предельные калибры, шаблоны, специальные контрольные приспособления и при необходимости универсальные средства измерения. В мелкосерийном и индивидуальном производстве основными являются универсальные средства измерения.

По метрологическим характеристикам выбираемыми параметрами средств измерений являются предельная погрешность измерения (ее часто называют пределом допускаемой погрешности) δ , а также цена деления шкалы измерительного средства. В соответствии с требованиями ГОСТ 8.051-81 «ГСИ. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм» установлены соотношения между заданными допусками на измеряемые (контролируемые) размеры, определенного номинального размера и качества, и допускаемыми погрешностями измерения, определяющими действительный размер измеряемой величины.

Допускаемая погрешность измерения включает в себя случайные и неучтенные систематические погрешности измерения. Случайная погрешность измерения, принимаемая с доверительной вероятностью 0,954 и составляющая $\delta = \pm 2\sigma$, где σ – среднее квадратическое отклонение погрешности измерения, не должна превышать 0,6 от допускаемой погрешности измерения.

Цена деления шкалы выбирается с учетом заданной точности измерения. Например, если размер задан с точностью до 0,01 мм, то прибор выбирается с ценой деления шкалы 0,01 мм. Принятие более грубой шкалы вносит дополнительные субъективные погрешности, а более точной – удорожает средство измерения. При контроле технологических процессов используют средства измерения с ценой деления не более 1/6 допуска на изготовление.

Пример. Необходимо выбрать средство измерения для контроля шейки вала $\varnothing 60k6$.

Определяем величину допуска на размер по ГОСТ 25346-89 «ОНВ. ЕСДП. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений» – IT = 19 мкм. Находим величину допускаемой погрешности измерения по ГОСТ 8.051 – $\delta = \pm 5$ мкм. Подбираем средство измерения по цене деления не менее $19/6 \approx 3$ мкм и диапазону измерения, включающему 60 мм, погрешность которого не будет превышать $\delta = \pm 5$ мкм.

Диаметр шейки вала можно измерить штангенциркулем, микрометром, рычажной скобой, индикаторной скобой и др.

Штангенциркули в нашей стране выпускаются по ГОСТ 166-89 «Штангенциркули. Технические условия» и международному стандарту DIN 862 с двусторонним или односторонним расположением губок, для наружных и внутренних измерений и с выдвижным щупом для измерения глубин. Штангенциркули существуют с нониусной шкалой, с отсчетом по циферблату и электронные. Штангенциркули бывают с ценой деления 0,1 мм и 0,05 мм, а размер, который необходимо измерить, задан с точностью до микрометра, $1/6$ допуска на размер составит около 3 мкм, следовательно, штангенциркуль нельзя использовать как средство измерения в данном случае.

Современные микрометры (МК), микрометрические инструменты и приборы подразделяются на две группы: механические МК со штриховой отсчетной шкалой и электронные МК с цифровым отсчетом. Согласно ИСО 3611-2010 микрометры со штриховым отсчетом называют микрометрами с аналоговой индикацией, а микрометры с цифровым отсчетом называют микрометрами с цифровой индикацией. Конструкция и метрологические характеристики МК определены ISO 3611:2010, DIN 863 и ГОСТ 6507-90 «Микрометры. Технические условия».

Микрометр рычажный выпускается с ценой деления 0,01 или 0,002 мм на диапазоне измерения от 50 до 75 мм имеет погрешность $\delta_{СИ} = \pm 5$ мкм, что не больше требуемой величины, а значит, микрометр с ценой деления 0,002 мм можно использовать в данном случае.

Рычажные скобы изготавливаются по ГОСТ 11098-75 «Скобы с отсчетным устройством. Технические условия». Для диапазона измерения от 50 до 57 мм можно использовать скобу СР-В-75-ПР кл. 2 с ценой деления 0,001 или 0,002, которая имеет предельную погрешность $\delta_{СИ} = \pm 2$ мкм, что также меньше требуемых ± 5 мкм, и эта скоба может быть применена для контроля диаметра вала. Однако стоимость этой скобы составляет около 8-9 тысяч рублей (на 2014 год), а стоимость микрометра – около 0,8-1,2 тысяч рублей.

Очевидно, что принять в качестве средства измерения нужно микрометр рычажный с диапазоном измерения 50-75, ценой деления 0,002 мм и погрешностью $\delta_{СИ} = \pm 5$ мкм.

В курсовом проекте необходимо подробно обосновать выбор средств измерений для одной операции по указанию преподавателя. Более подробно о выборе средств измерений линейных размеров в РД 50-98-86 «Методические указания. Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм (По применению ГОСТ 8.051-81)», а также в [12, 17, 48].

3.2.11.4 Выбор смазочно-охлаждающих технологических средств

Применение эффективных смазочно-охлаждающих технологических средств – один из наиболее доступных способов снижения температуры и трения в зоне резания, уменьшения энергозатрат на обработку резанием, повышения стойкости режущих инструментов и качества обрабатываемых

поверхностей. В курсовом проекте выбор смазочно-охлаждающих технологических средств производится для одной операции по указанию преподавателя.

В качестве смазочно-охлаждающих технологических средств наиболее широко применяются смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ). А в этой группе, в свою очередь, наиболее широко применяются масляные СОЖ и водосмешиваемые СОЖ.

Масляные СОЖ представляют собой минеральные масла, которые обладают хорошими смазочными свойствами, но имеют низкую охлаждающую способность, повышенные испаряемость, стоимость и пожароопасность. Сфера их применения – чистовые и отделочные операции с низким уровнем тепловыделения. Например: протягивание, развертывание, резьбо- и зубонарезание.

Водосмешиваемые СОЖ содержат минеральные масла, эмульгаторы, ингибиторы коррозии, биоцидные и противозадирные присадки, антипенные и другие добавки. Они обладают высокой охлаждающей способностью, меньшими пожароопасностью и стоимостью, безопасностью для здоровья станочников. Областью их применения являются процессы обработки, в которых, в первую очередь, необходимо снизить температуру резания. Например: точение, сверление, шлифование.

Рекомендации по выбору марок СОЖ приведены в [49, 50].

3.2.11.5 Расчёт и назначение режимов резания

При разработке технологических процессов механической обработки важным этапом является расчет и назначение режимов резания на каждой операции.

Рассчитать режимы резания – это значит найти рациональные значения его параметров: глубины резания t , подачи S и скорости резания V , которые определяются в зависимости от выбранного инструментального материала, геометрических параметров режущей части инструмента, выбранной смазочно-охлаждающей жидкости, с учетом кинематических и динамических возможностей станочного оборудования. Рациональные режимы резания обеспечивают наибольшую производительность труда при наименьшей себестоимости данной операции с соблюдением требований по точности и шероховатости.

Режимы резания можно определить двумя методами – нормативным методом путём выбора по таблицам справочников и аналитическим методом по эмпирическим зависимостям. В курсовом проекте режимы резания определяются аналитическим методом для одной – двух операций по указанию преподавателя.

Методика назначения режимов резания для различных способов обработки имеет свои особенности. Однако во всех случаях исходные данные для расчета должны включать в себя чертежи детали и заготовки, полную характеристику режущего инструмента, а также некоторые паспортные данные

металлорежущего станка. В большинстве случаев соблюдается следующая последовательность при назначении элементов режима резания: $t - S - V - n$.

При всех процессах обработки резанием глубина резания чаще всего назначается равной величине припуска на рассматриваемый переход. Только при увеличенных значениях припусков и напусков у малоточных заготовок и заготовок заведомо завышенных размеров припуск приходится удалять в два, три, а иногда и более проходов, сообразуясь с прочностью инструмента и мощностью оборудования. Для разных видов обработки глубина резания t определяется по формуле (63), а также по формулам, приведённым в справочнике [51].

Подача выбирается в зависимости от принятой глубины резания и в соответствии с техническими требованиями к качеству обработанной поверхности, ибо её величина существенно влияет на шероховатость поверхности. Величину подачи следует принимать максимально возможной для повышения производительности труда (сокращения основного времени), но не в ущерб качеству поверхности. Значения подач S находятся как табличные величины по справочной литературе [17, 52, 53].

Скорость резания для различных видов обработки определяется по эмпирическим формулам по справочникам [17, 52, 53] в зависимости от принятой глубины резания и подачи, обрабатываемого материала, геометрии и материала режущего инструмента, принятого периода его стойкости. При этом в значения подач и скоростей резания приходится вносить некоторые поправки с помощью поправочных коэффициентов, учитывающих конкретные условия обработки.

Многочисленные примеры расчёта режимов резания для различных видов одноинструментной обработки приведены в учебно-методической литературе [55, 56].

При многоинструментной обработке режимы резания корректируются по лимитирующему инструменту. Для многопереходной или многопозиционной операции режимы резания определяются по отдельным переходам или позициям. Подробная методика расчёта режимов резания на многоинструментном и многопозиционном оборудовании (агрегатных станках, токарных многолезцовых, гидрокопировальных и многошпиндельных станках), а также обширный список рекомендуемой литературы для выполнения указанных расчётов приведены в учебно-методических источниках [55, 56, 57].

Особенности назначения режимов резания на операции с применением станков с ЧПУ учтены в [58].

Найденные расчётные значения подачи и скорости резания должны быть выражены в «настроенных величинах» для станка, на котором будет производиться обработка. Так, по найденной скорости резания следует определить число оборотов шпинделя или число двойных ходов ползуна или стола станка; подачу выразить в тех единицах, в которых она может быть установлена на станке (в мм/об; мм/мин; мм/ход; и т.д.) и выбрать их конкретные значения по паспорту станка, ближайšie к найденным расчётным значениям. Эти практические значения параметров режима резания и должны

быть приняты для дальнейших расчётов и вписаны в технологические карты проектируемого процесса.

Полученные режимы резания необходимо проверить по мощности электропривода станка, прочности инструмента и наиболее слабого звена станка (обычно – механизма подачи).

При проверке достаточности мощности электропривода станка проверяется выполнение условия

$$N_{рез} \leq N_{шпн}, \quad (64)$$

где $N_{рез}$ – мощность, затрачиваемая на резание, кВт;

$N_{шпн}$ – мощность на шпинделе станка по электроприводу, кВт,

$$N_{шпн} = N_{э} \eta, \quad (65)$$

где $N_{э}$ – мощность электродвигателя, кВт; выбирается по паспорту станка;

η – КПД станка; принимается $\eta = 0,8...0,85$.

3.2.11.6 Расчёт основного времени

Основное (технологическое) время T_o – это время непосредственного изменения формы, размеров и свойств обрабатываемой заготовки.

В курсовом проекте основное время рассчитывается только для тех операций, на которые были рассчитаны режимы резания.

В общем виде основное время обработки T_o определяется по формуле

$$T_o = L_p i / S_m, \quad (66)$$

где L_p – расчетная длина рабочего хода инструмента, мм;

i – число рабочих ходов в данном переходе;

S_m – минутная подача инструмента (или заготовки) в направлении подачи, мм/мин.

Трансформация уравнения (66) для различных видов обработки приведена в [12, 51].

Расчетная длина рабочего хода L_p , мм, определяется по формуле:

$$L_p = L_o + l_{вр} + l_{сх}, \quad (67)$$

где L_o – длина обрабатываемой поверхности (в направлении подачи)

$l_{вр}$, $l_{сх}$ – длина врезания и схода (перебега) инструмента; определяются расчетами или по справочникам [12,51].

Основное время T_o на выполнение операции зависит от схемы ее построения. Так, при **последовательном** выполнении переходов в **одноместных** операциях (обычно на универсальных станках) основное время включает сумму времени выполнения всех переходов:

$$T_o = \sum_{i=1}^n T_{o_i}, \quad i = 1...n, \quad (68)$$

где T_{oi} – основное время выполнения i -го технологического перехода;
 n – количество переходов.

При **параллельной** схеме обработки (например, на многолезцовых и гидрокопировальных токарных полуавтоматах и т.д.) основное время выполнения операции определяется длительностью наиболее продолжительного (лимитирующего) перехода $T_{o.l.}$, т.е.

$$T_o = T_{o.l.} \quad (69)$$

При **параллельно-последовательной** схеме обработки (например, на токарных многошпиндельных полуавтоматах, на агрегатных станках и др.) основное время состоит из суммы последовательно выполняемых в позициях лимитирующих переходов:

$$T_o = \sum_{i=1}^n T_{o.l.i} \quad (70)$$

Рассчитанные значения T_o записываются в операционные карты для соответствующих переходов.

3.2.11.7 Нормирование технологического процесса

После расчета и назначения режимов резания с определением основного технологического времени проводится нормирование затрат труда на выполнение операций, то есть определение штучного времени (массовое производство) или штучно-калькуляционного (серийное производство).

В курсовом проекте техническое нормирование выполняется для той операции, на которую были рассчитаны режимы резания и основное время T_o .

Для единичного и серийного производства определяется норма штучно-калькуляционного времени $T_{ш-к}$, мин, на операцию по формуле

$$T_{ш-к} = T_{шт} + T_{п.з} / n, \quad (71)$$

где $T_{шт}$ – норма штучного времени, мин;

$T_{п.з}$ – норма подготовительно-заключительного времени на партию обрабатываемых заготовок, мин;

n_z – количество заготовок в обрабатываемой партии, шт.

При техническом нормировании в единичном и серийном производстве норма штучного времени $T_{шт}$, мин, подсчитывается по формуле

$$T_{шт} = T_o + T_в + T_{обс} + T_{отд} = T_{оп} + T_{обс} + T_{отд}, \quad (72)$$

где T_o – основное (технологическое) время (см. п. 3.2.11.6);

$T_в$ – вспомогательное время;

$T_{оп} = (T_o + T_в)$ – оперативное время;

$T_{обс}$ – время обслуживания рабочего места;

$T_{отд}$ – время перерывов на отдых и личные надобности.

Слагаемые штучного времени $T_{обс}$ и $T_{отд}$ в формуле (72) определяются в процентах к оперативному времени по таблицам нормативов технического нормирования [59].

В норму штучного времени не включаются затраты времени на работы, которые могут быть выполнены в течение автоматической работы оборудования, т.е. могут быть перекрыты основным временем.

При нормировании величина **подготовительно-заключительного** времени $T_{п.з}$ определяется по нормативам [59] с учетом типоразмера станка, приспособления, конструкции и массы обрабатываемой заготовки и т.п.

В условиях массового производства в качестве нормы времени принимается величина нормы штучного времени, определяемая по формуле

$$T_{шт} = T_o + T_e + T_{tex} + T_{орг} + T_{отд}, \quad (73)$$

где T_{tex} – время на техническое обслуживание рабочего места; рассчитывается по формулам, приведенным в нормативах по техническому нормированию [60];

$T_{орг}$ – время на организационное обслуживание рабочего места; определяется в процентах к оперативному времени по таблицам нормативов технического нормирования [60].

Вспомогательное время T_e операций в единичном и серийном производстве определяется по формуле

$$T_e = T_{yc} + T_{пер} + T_{изм}, \quad (74)$$

где T_{yc} – время установки и снятия заготовки;

$T_{пер}$ – время, связанное с выполнением перехода (или операции) или с обработкой поверхности;

$T_{изм}$ – время на контрольные измерения.

Элементы вспомогательного времени T_{yc} , $T_{пер}$, $T_{изм}$ в формуле (74) определяются по таблицам нормативов по техническому нормированию [59].

Вспомогательное время T_e операций в массовом производстве рассчитывается по формуле

$$T_e = T_{yc} + T_{упр} + T_{изм} \quad (75)$$

где $T_{упр}$ – время на приемы управления станком.

Слагаемые вспомогательного времени T_{yc} , $T_{упр}$, $T_{изм}$ в формуле (75) определяются по таблицам нормативов по техническому нормированию [60].

Подробные примеры технического нормирования для одноинструментной обработки приведены в методических указаниях [56], а для операций, выполняемых на многоинструментном и многопозиционном оборудовании (токарных многорезцовых, гидрокопировальных и многошпиндельных станках), – в методических указаниях [56, 57].

Нормирование операций с применением станков с ЧПУ можно осуществлять по [11, 61, 62].

3.2.11.8 Расчёт потребного количества оборудования и коэффициентов его загрузки

В курсовом проекте расчётное число единиц основного оборудования C_p , шт., необходимого для обработки деталей при заданной программе, определяется по формуле

$$C_p = T_{ум} / \tau_{д}. \quad (76)$$

Значение $T_{ум}$ в формуле (76) следует принимать по пункту 3.2.11.7 для тех операций, для которых выполнялось техническое нормирование.

Величину C_p округляют до целого числа $C_{пр}$, шт., – принятого числа единиц оборудования.

Коэффициент загрузки оборудования K_z на каждой операции определяется по формуле

$$K_z = (C_p / C_{пр}) \cdot 100\% , \quad (77)$$

где C_p , $C_{пр}$ – соответственно расчётное и принятое число станков.

Перегрузка оборудования не должна превышать 10%.

После расчёта коэффициента загрузки для каждой операции K_{zi} требуется определить средний коэффициент загрузки $K_{зср}$ по формуле

$$K_{зср} = \sum_{i=1}^n K_{zi} / n , \quad (78)$$

где n – количество основных операций технологического процесса.

Приемлемыми считаются следующие значения $K_{зср}$:

для единичного и мелкосерийного производства $K_{зср} = 0,8 \dots 0,9$;

для среднесерийного производства $K_{зср} = 0,75 \dots 0,85$;

для крупносерийного и массового производства $K_{зср} = 0,65 \dots 0,75$.

3.2.12 Проектирование технологических наладок

Проектирование наладок на операции технологического процесса является заключительным этапом разработки ТП механической обработки детали – объекта курсового проектирования. В ПЗ должны быть приведены эскизы технологических наладок на одну-две операции механической обработки спроектированного технологического процесса по указанию преподавателя. Объем одного эскиза должен составлять примерно 0,5 страницы пояснительной записки.

При оформлении технологических эскизов следует показать:

- контур заготовки; обрабатываемые поверхности выделять утолщенными линиями;

- теоретическая схема базирования.

- установочные элементы приспособления (кулачки, центры и т.д.);

- режущий инструмент в конце рабочего хода;

- направление вращения заготовки или инструмента (стрелкой);

- направление подачи заготовки или инструмента (стрелкой);

- достигаемые при обработке размеры.

Пример оформления эскиза технологической наладки в пояснительной записке приведен на рисунке 3.7.

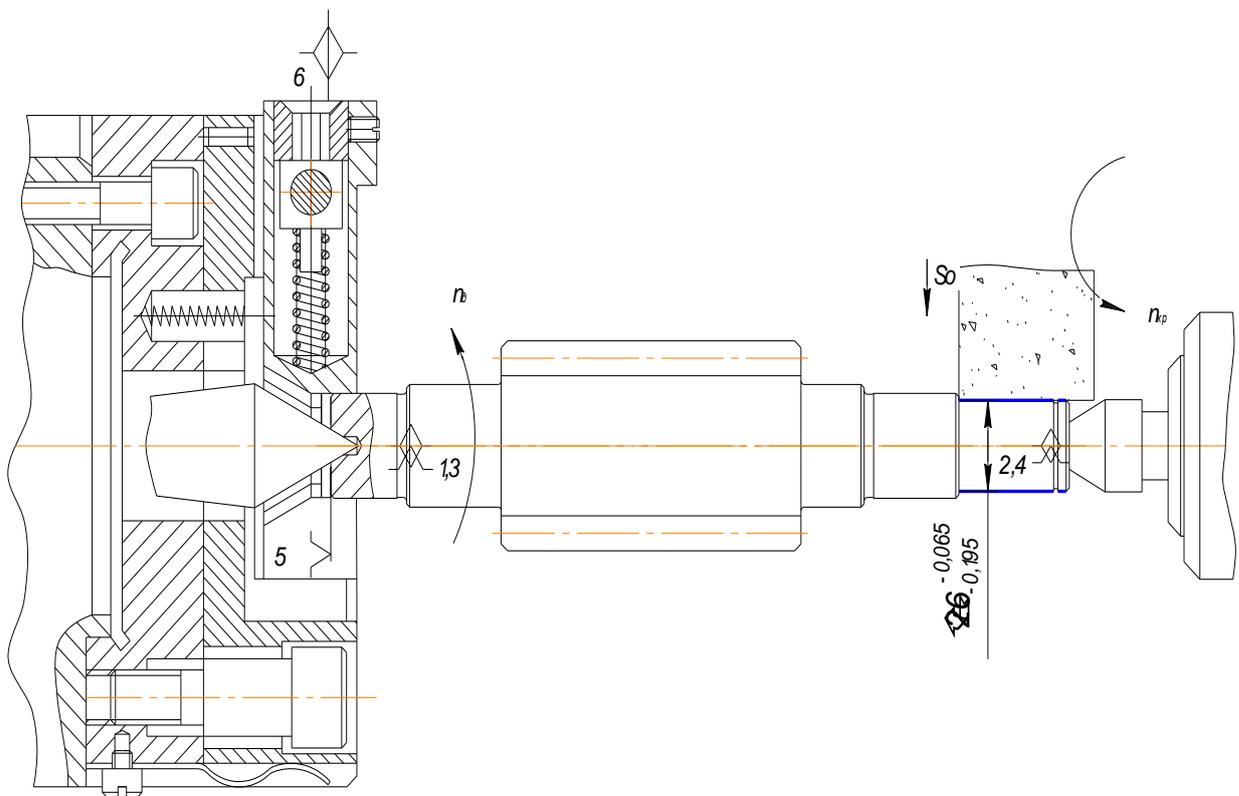


Рисунок 3.7 – Эскиз технологической наладки для круглошлифовальной операции

По окончании выполнения всех вышеуказанных работ студенты оформляют чертеж технологической наладки.

4 ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

4.1 Общие требования

Курсовые проекты должны оформляться в соответствии с требованиями государственных стандартов:

- конструкторские документы – по ЕСКД;
- технологические документы – по ЕСТД.

Курсовым проектам присваивается обозначение. Оно проставляется на титульном листе, листах пояснительной записки и на всех чертежах графической части проекта, имеющих основные надписи.

Обозначение документа состоит из центральной цифровой части, предшествующей и последующей буквенных групп. Например:

КП 15.03.05.04.300 СБ; КП 15.03.05.04.000 ПЗ.

Предшествующая цифровой части буквенная группа КП обозначает вид учебного документа – курсовой проект.

Первая группа из шести цифр (151001) обозначает шифр направления подготовки (специальности) высшего профессионального образования в соответствии с перечнем.

Вторая группа цифр (04) обозначает вариант задания курсового проекта.

В третьей группе (300) первая цифра (3) указывает номер сборочной единицы с первого по девятый. При обозначении документа сборочной единицы указывается цифровая группа от 100 по 900. В пояснительной записке третья цифровая группа – 000.

При обозначении документа детали указывается цифровая группа типа 305, 507, 608, в которой первая цифра – номер сборочной единицы, вторая и третья цифры от 01 по 99 – номер детали. Например: КП 15.03.05.04.305.

Последующая цифровой части буквенная группа обозначает код (шифр) документа, например:

- ПЗ – пояснительная записка;
- СБ – сборочный чертеж;
- Д – прочие документы.

4.2 Содержание и оформление структурных элементов пояснительной записки

4.2.1 Титульный лист

Титульный лист оформляется на бланке формата А4 и содержит сведения согласно СТП 12570-2006. Образец оформления титульного листа ПЗ показан в приложении Б.

На листе документа, следующем за титульным листом и заданием, выполняется основная надпись по форме 2 ГОСТ 2.104 (СТП 12 570-2006, приложение Б).

На последующих листах оформляется основная надпись по форме 2а ГОСТ 2.104 (СТП 12 570-2006, приложение Б).

4.2.2 Задание

Задание на курсовой проект оформляется на бланке формата А4. В задании должны быть указаны: учебная дисциплина, по которой выполняется проект; Ф.И.О. студента, его группа; тема проекта с указанием годовой программы выпуска изделия; исходные данные; разделы разработки и сроки их выполнения; срок представления проекта к защите; Ф.И.О. руководителя, его должность, подпись и дата выдачи задания.

Задание помещается после титульного листа и включается в общую нумерацию листов пояснительной записки. Пример оформления задания на курсовое проектирование приведен в приложении Б.

4.2.3 Содержание

Лист «Содержание» располагается за титульным листом и заданием. Содержание включают в общую нумерацию листов ПЗ.

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

Содержание состоит из последовательно перечисленных наименований разделов, подразделов и приложений с их обозначениями и названиями с указанием номера страницы, на которой они помещены.

4.2.4 Введение

Во «Введении» к курсовому проекту описывают общие направления решения задач проектирования, обосновывают актуальность разрабатываемой темы, её значение для повышения эффективности производства и формулируют основные задачи, поставленные перед студентами.

Можно рекомендовать следующую последовательность построения введения:

- 1) Основные требования научно – технического прогресса к объекту производства и технологии его изготовления.
- 2) Состояние и перспективы развития производства на базовом предприятии.
- 3) Обоснование актуальности разработки темы курсового проекта, новизны и эффективности предлагаемых проектных решений.
- 4) Основные задачи, решаемые в курсовом проекте.

При формулировании задач по п. 4 особое внимание следует обратить на их практическую значимость, новизну технико-экономических решений и перспективность. Объем введения, как правило, не должен превышать двух страниц рукописного текста.

4.2.5 Основная часть

В основной части приводится информация о выполненных технологических и конструкторских разработках, а также технико-экономических обоснованиях. Основная часть ПЗ должна быть разработана в соответствии с заданием и настоящим методическим пособием.

Основная часть ПЗ должна отвечать следующим общим требованиям: логической последовательности изложения материала; убедительности аргументации; краткости и точности формулировок, исключающих возможности субъективного и неоднозначного толкования; конкретности изложения результатов работы, недопустимости включения в ПЗ (без необходимости) сведений и формулировок, заимствованных из литературных источников.

Основная часть должна составлять не менее 80% объема пояснительной записки.

4.2.6 Заключение

Заключение должно содержать краткие выводы по решению поставленных в курсовом проекте задач, технико-экономическую оценку принятых в проекте технологических и технических решений. При этом необходимо конкретно указать, за счёт каких технологических или конструкторских мероприятий достигнуты положительные результаты: повышена производительность труда и оборудования, улучшено качество продукции, обеспечено ресурсосбережение, повышена культура и экологический уровень производства и т.п.

4.2.7 Список использованных источников

Список использованных источников должен включать все источники, расположенные в порядке ссылок в тексте ПЗ или по алфавиту. Дается библиографическое описание каждого источника в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1. Примеры наиболее часто встречающихся в курсовых проектах библиографических описаний приведены в работе [4].

4.2.8 Приложения

Приложения должны содержать материалы вспомогательного характера (технологическая документация, большие таблицы и т.д.).

Приложения включают в общую нумерацию листов ПЗ и размещают после списка использованных источников в порядке ссылок на них в тексте записки.

Приложения могут быть обязательными или информационными. Информационные приложения могут быть рекомендуемого или справочного характера.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «Приложение» и его обозначение, а под ним в скобках для обязательного приложения пишут слово «обязательное», а для информационного – «рекомендуемое» или «справочное».

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложение обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А. После слова «Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность. Если в тексте одно приложение, оно обозначается «Приложение А».

Пример:

Приложение А
(обязательное)
Технологическая документация

Приложения, как правило, выполняют на листах формата А4. Допускается применять форматы А3 по ГОСТ 2.301.

4.3 Правила оформления пояснительной записки

Правила оформления ПЗ курсового проекта должны соответствовать требованиям ГОСТ 2.105-95.

Текст ПЗ должен быть написан аккуратно литературным и технически грамотным языком от руки чернилами (пастой) или отпечатан с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ через 1,5 межстрочных интервала на одной стороне листа бумаги формата А4 (210 x 297 мм).

Текст ПЗ оформляют на листах, имеющих рамку и основную надпись (штамп) по ГОСТ 2.104. При этом на листе пояснительной записки, следующем за титульным листом, заданием и содержанием, а также на первом листе каждого раздела выполняется основная надпись формы 2, а на всех остальных листах – формы 2а по ГОСТ 2.104.

В основной надписи по форме 2 в графе «Наименование изделия» записывают название раздела ПЗ, например, «Проектирование технологического процесса сборки». А в графе, указывающей характер работы, выполняемой лицом, подписывающим этот документ, записывают только: «Разраб.», «Пров.», «Н.контр.» и «Утв.». При этом в качестве проверяющего лица записывают руководителя курсового проекта.

Нумерация страниц ПЗ должна быть сплошной в пределах всей записки. Первой страницей является титульный лист, второй – задание на курсовое проектирование, третьей – содержание. На листах без основной надписи номера страниц не проставляются. При заполнении основной надписи по форме 2 раздела «Содержание» заполняется графа «Листов», в которой проставляется общее количество листов ПЗ, на остальных листах эта графа не заполняется.

На всех листах ПЗ следующие требования к размещению текста.

Расстояние от рамки формы до границ текста в начале и в конце строк – не менее 3 мм.

Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки – не менее 10 мм.

Абзацы в тексте начинаются на расстоянии 15...17 мм от начала обычной строки.

Текст пояснительной записки должен быть разделен на разделы и подразделы, а в случае необходимости – пункты и подпункты.

Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всей записки, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацного отступа.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделённых точкой. В конце номера подраздела точка не ставится, например «2.1» (первый подраздел второго раздела).

Разделы «Содержание», «Введение», «Заключение», «Список использованных источников» не нумеруют.

Разделы и подразделы могут состоять из одного или нескольких пунктов. Нумерация пунктов должна быть в пределах каждого подраздела. Номер пункта должен состоять из номера раздела, подраздела и пункта, разделённых точками, например «2.1.3» (третий пункт первого подраздела второго раздела).

Пункты, при необходимости, могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта. Номер подпункта должен состоять из номера раздела, подраздела, пункта и подпункта, разделённых точками, например «2.1.3.5» (пятый подпункт третьего пункта первого подраздела второго раздела).

Количество номеров в нумерации структурных элементов ПЗ не должно превышать четырех.

Внутри пунктов и подпунктов могут быть приведены перечисления. Перед каждой позицией перечисления следует ставить дефис или строчную букву русского алфавита, после которой ставится круглая скобка. Для дальнейшей детализации перечисления необходимо использовать арабские цифры, после которых также ставится круглая скобка. После дефиса или круглой скобки перечисления начинают со строчной буквы, а заканчивают точкой с запятой, кроме последнего.

Каждый пункт, подпункт и перечисления записывают с абзацного отступа.

Разделы и подразделы должны иметь заголовки. Пункты и подпункты, как правило, заголовков не имеют. Заголовки пишутся с прописной буквы без точки на конце. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Расстояние между заголовком раздела и текстом, заголовками раздела и подраздела 15-17 мм.

Расстояние между заголовком подраздела и текстом 8-10 мм.

Заголовки пунктов и подпунктов, если они есть, расстоянием не выделяются.

Каждый раздел пояснительной записки рекомендуется начинать с нового листа (страницы). Допускается заголовки разделов вместе с номером выделять жирностью шрифта.

При компьютерном наборе ПЗ следует применять шрифт «Times New Roman» №14. При заполнении таблиц допускается применять соответствующий шрифт меньшего диаметра, а в формулах – большего.

При использовании листов с рамкой и основной надписью, выполняемых в виде колонтитулов, устанавливают следующие параметры:

– в меню «Вид» открыть пункт «Параметры страницы», на вкладке «Поля» установить требуемые значения полей до края страницы: «Верхнее» – 1,5 см; «Левое» – 2,0 см; «Переплет» – 0 см; «Нижнее» – 1,0 см; «Правое» – 0,5- 0,7 см (в зависимости от настройки области печати принтера, по умолчанию установлен размер формата А4);

– в меню «Формат» открыть пункт «Абзац», в окне «Отступы и интервалы» установить: «Выравнивание» – по ширине; «Уровень» – основной текст; «Отступ слева» – 0,5 см; «Отступ справа» – 0,5 см»; «Первая строка» – отступ на 1,7 см; «Междустрочный интервал» – полуторный;

- на вкладке «Положение на странице» установить флажок против функции «Запретить автоматический перенос слов».

В ПЗ курсового проекта формулы вначале должны приводиться в общем виде с расшифровкой входящих в них символов и числовых коэффициентов, если они не пояснены ранее в тексте.

Пояснения должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснение каждого символа следует давать с новой строки в той же последовательности, в которой они приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

Пример – Плотность каждого образца ρ , кг/м³, вычисляют по формуле

$$\rho = mV, \quad (1)$$

где m – масса образца, кг;

V – объём образца, м³.

Далее в формулу подставляют числовые значения символов и коэффициентов и приводят конечный результат. Промежуточные результаты вычислений не приводят. Если по одной формуле проводят вычисления по нескольким вариантам, то результаты необходимо свести в таблицу. При необходимости дальнейших ссылок на формулу ее нумеруют. Формулы должны нумероваться сквозной нумерацией в пределах всей записки. Нумерация арабскими цифрами, которые записывают в круглых скобках на уровне формулы справа, в конце строки. Ссылки в тексте на формулы даются в скобках, например, «...в формуле (15) ...».

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например (3.1).

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой.

На материалы, взятые из литературы и других источников (утверждения, формулы, численные характеристики и т.п.), должны быть даны ссылки с указанием номера источника по списку литературы. Номер ссылки проставляется арабскими цифрами в квадратных или косых скобках. Ссылаться следует на источник в целом, без указания номера страницы или таблицы.

При ссылках на стандарты при первом упоминании следует указывать их полное обозначение и наименование. При дальнейших упоминаниях – лишь обозначение без года утверждения.

Допускается ссылаться на стандарты, указывая только обозначение без года утверждения, но в этом случае в конце ПЗ после раздела «Список использованных источников» оформляется раздел «Ссылочные нормативные документы», в котором последовательно перечисляются все ГОСТы с указанием полных обозначений и наименований.

Количество иллюстраций в ПЗ должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Все иллюстрации следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например – Рисунок 1.1.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). И то, и другое располагают под иллюстрацией. Форма записи следующая: Рисунок 1 – Детали прибора (при этом точка на конце не ставится).

Иллюстрации должны располагаться непосредственно после ссылки на них в тексте. При этом следует писать «...в соответствии с рисунком 4...».

Цифровой материал, как правило, оформляют в виде таблиц в соответствии с рисунком 3.7.

Таблицы следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Номер таблицы указывают в форме «Таблица 12» и помещают над таблицей слева.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделённых точкой, например «Таблица 3.4» (четвёртая таблица третьего раздела).

Таблица может иметь название, которое следует помещать также над таблицей, через тире после номера таблицы. Заголовок пишут строчными буквами, кроме первой прописной, точка на конце не ставится. Например, «Таблица 12 – Карта расчета припусков на обработку, мм».

На все таблицы вначале должны быть даны ссылки в тексте. При ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы, а подзаголовки граф – со строчной буквы. В конце заголовков и подзаголовков

таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе.

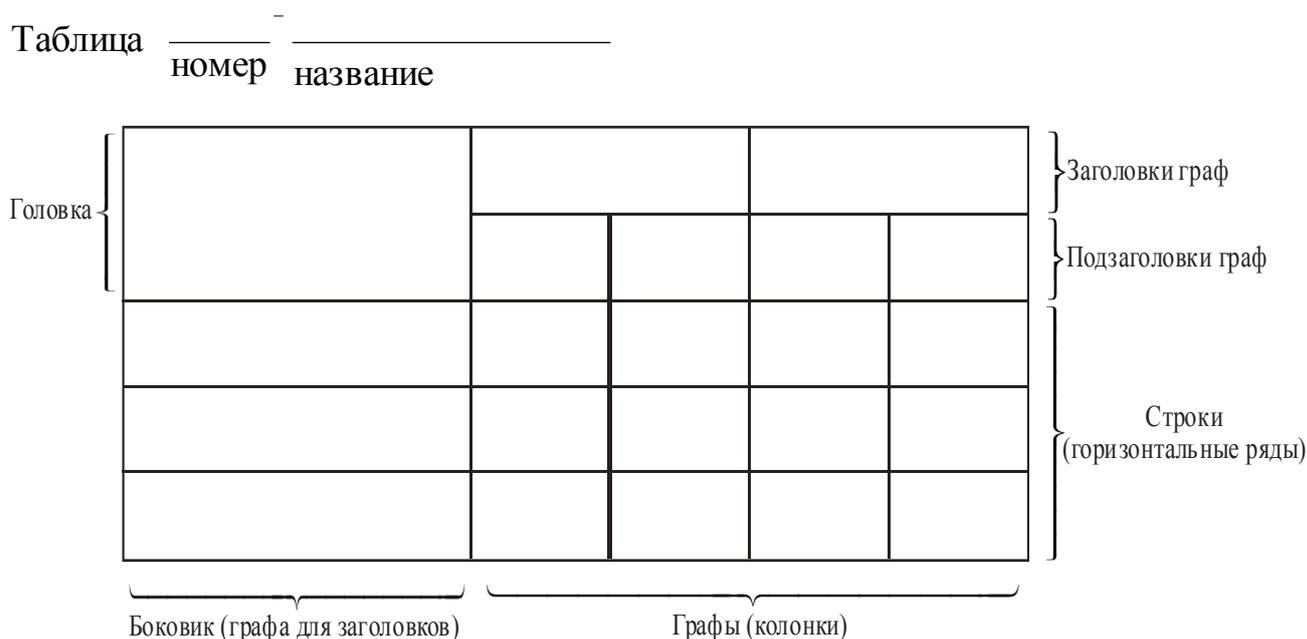


Рисунок 4.1 – Пример построения таблицы

Таблицы слева, справа, сверху и снизу ограничивают линиями. Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается.

Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

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

Слово «Таблица» с номером и названием указывают один раз над первой частью таблицы. Над всеми остальными частями пишут слова «Продолжение таблицы» с указанием номера.

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

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

Во всех материалах курсового проекта необходимо строго соблюдать ГОСТ 8.417-81. Единицы физических величин. Этот стандарт регламентирует и правила написания обозначений единиц.

Общий объём пояснительной записки рекомендуется в пределах 50...60 страниц рукописного текста.

4.4 Правила оформления графических документов

4.4.1 Общие правила оформления чертежей

К графическим документам курсового проекта по технологии машиностроения относятся чертежи. Содержание и объем чертежей курсового проекта определяется заданием на курсовое проектирование.

Чертежи могут быть выполнены чертежными карандашами, тушью или с применением графических устройств вывода ЭВМ.

Чертежи должны быть выполнены на листах стандартных форматов с основной надписью в правом нижнем углу по ГОСТ 2.104. При выполнении чертежей должны быть соблюдены правила, установленные стандартами ЕСКД.

Основные требования к чертежам установлены ГОСТ 2.109. Оформление чертежей, то есть формат, масштаб, линии, чертежные шрифты, должны выбираться согласно ГОСТ 2.301; ГОСТ 2.302; ГОСТ 2.303; ГОСТ 2.304. Изображения, виды, разрезы и сечения выполняются по ГОСТ 2.305.

Графические обозначения материалов на чертежах, нанесение размеров и предельных отклонений, обозначение допусков и посадок необходимо выполнять в соответствии с требованиями ГОСТ 2.306, ГОСТ 2.307, ГОСТ 25346, ГОСТ 25347. Обозначение предельных отклонений, формы и расположения поверхностей должны соответствовать ГОСТ 2.308. Обозначение шероховатости поверхности на рабочих чертежах деталей и эскизах выполняются по ГОСТ 2.309. Нанесение на чертежах (эскизах) обозначений покрытий, термической и других видов обработки – по ГОСТ 2.310. Изображение резьбы на чертежах выполняется по ГОСТ 2.311. Обозначение швов сварных соединений и условные изображения по ГОСТ 2.312; неразъемные соединения – ГОСТ 2.313.

4.4.2 Правила оформления чертежа сборочной единицы

При вычерчивании листа сборочной единицы на нём представляется необходимое число проекций, указываются технические требования, изображаются размерные цепи. Последние для наглядности следует показывать красным цветом. В штампе указывается наименование сборочной единицы. На сборочную единицу спецификация не оформляется.

4.4.3 Правила оформления чертежа детали

При вычерчивании указанного чертежа на нём показывается необходимое число проекций, сечений, видов и выносных элементов, указываются технические требования.

Все исполнительные размеры на чертеже детали должны иметь отклонения, указанные их абсолютными значениями. У свободных размеров (с

неуказанными отклонениями) следует указать их точность в технических требованиях.

На всех обрабатываемых поверхностях должны стоять соответствующие обозначения требуемой шероховатости по ГОСТ 2789-73. Чаще всего – это высотные параметры R_a или R_z . При этом параметр R_a является предпочтительным.

Чертеж детали должен быть выполнен со всеми коррективами, внесёнными в результате анализа технологичности её конструкции.

4.4.4 Правила оформления чертежей наладок на механическую обработку

Деталь изображается основными линиями в том пространственном положении, в котором она проходит обработку. Конструктивные формы детали соответствуют тому виду, который она принимает после обработки на данной операции, позиции или переходе. Обрабатываемые поверхности выделяются красным цветом или линиями большей толщины. На эти поверхности даётся полная характеристика качества обработки: операционные размеры с допуском, шероховатость, погрешность формы и пространственные отклонения.

На данном листе приводятся установочные и зажимные элементы приспособления (в одной проекции), связь приспособления со столом или шпинделем станка.

Режущие инструменты изображаются в крайнем рабочем положении (обработка закончена, но инструмент не выведен с поверхности детали). В конструктивном виде показывается также вспомогательный инструмент и его связь со шпинделем станка.

Стрелками указываются кинематические связи операции (направления вращения, подачи).

Изображаются циклограммы работы инструментов с выделением на них участков ускоренного подвода (УП), рабочего хода (РХ), ускоренного отвода (УО) для каждого из суппортов станка.

На листе наладки в табличном виде приводятся режимные параметры: глубина резания, подача, скорость, частота вращения, а также основное и штучное время выполнения операции.

При вычерчивании многопозиционной или многопереходной операции конструктивные элементы приспособления показываются только для установочной позиции или перехода. На остальных позициях и переходах изображается обработка отдельных поверхностей заготовки по тем требованиям, которые приведены выше. Режимы резания, основное время, суммарное или лимитирующее основное время операции и штучное время приводится для каждой позиции или перехода.

В основной надписи (штампе) данного чертежа делается запись: технологическая наладка.

4.5 Правила оформления технологических документов

Комплект документов на технологический процесс сборки и изготовления детали в курсовом проекте помещают в приложениях к пояснительной записке.

Разработку и оформление технологической документации в курсовом проекте осуществляют в строгом соответствии с требованиями стандартов ЕСТПП и ЕСКД.

Методические указания и примеры оформления технологической документации приведены в работах [63, 64].

В состав приложения входит следующая технологическая документация на ТП механической обработки детали:

1) Маршрутная карта (ГОСТ 3.1118-82, форма 1, последующие листы по форме 1а).

2) Операционные карты (ОК) – оформить на те операции, на которые выполнялись чертежи наладок.

ОК на обработку деталей, выполняемую на универсальном оборудовании, специальном и на станках с ЧПУ (ГОСТ 3.1404-86, форма 3, последующие листы по форме 2а).

ОК на обработку деталей с применением одношпиндельных токарных автоматов и полуавтоматов (ГОСТ 3.1404-86, форма 8, последующие листы по форме 8а).

ОК на обработку деталей с применением многошпиндельных токарных автоматов и полуавтоматов (ГОСТ 3.1404-86, форма 10, последующие листы по форме 10а).

ОК на обработку деталей с применением автоматических линий (ГОСТ 3.1404-86, форма 14, последующие листы по форме 14а).

3) Карты эскизов (ГОСТ 3.1105-84, форма 7, последующие листы по форме 7а) – оформить на те операции, на которые выполнены чертежи наладок.

4) Операционная карта технического контроля (ГОСТ 3.1502, форма 2, последующие листы по форме 2а) – на конечный контроль.

Особое внимание следует уделить оформлению карт эскизов. На эскизах к операциям механической обработки обрабатываемые поверхности на данной операции должны быть выделены и обозначены. Выделение поверхностей производят либо красным цветом, либо утолщенной линией. Обозначение поверхностей – с помощью нумерации арабскими цифрами. При этом номер размера или конструктивного элемента обрабатываемой поверхности проставляют в окружности диаметром 6-8 мм и соединяют с размерной или выносной линией.

На эскизе необходимо указывать все размеры с предельными отклонениями и требования к шероховатости обрабатываемых поверхностей. При необходимости на карте эскизов помещают таблицу параметров обрабатываемой поверхности, если она предусмотрена ГОСТом.

Текстовые технические требования, выполняемые на данной операции, помещают справа от изображения или под ним. Технические требования могут быть выполнены и в виде флажковых обозначений.

Изображают изделие на эскизе только в рабочем положении на данной операции с примерным соблюдением пропорций. Окружающую обстановку, в отличие от технологических листов графической части, не изображают.

Кроме того, изображение изделия на эскизе должно содержать условные изображения опор, зажимов и установочных устройств в соответствии с ГОСТ 3.1107-81 «ЕСТД. Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические изображения».

При оформлении карт эскизов к контрольным операциям на изображении детали указывают только те размеры и требования, которые контролируются на данной операции. Опоры, зажимы и установочные устройства, а также схему базирования не указывают.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яценко В.А. Трактор Т-4А. Учебное пособие. М.: Высшая школа, 1973. 240 с.
2. Трелёвочный трактор ТТ-4М. Техническое описание и инструкция по эксплуатации / Под ред. М.Е. Минченко. Барнаул.: Полиграфист, 1985. 387 с.
3. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебн. пособие / Л.В. Лебедев, А.А. Погонин, А.Г. Схиртладзе, И.В. Шрубченко. – 4-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол: ТНТ, 2010. 424 с.
4. Худобин Л.В., Гурьянихин В.Ф., Берзин В. Р. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. М.: Машиностроение, 1989, 288 с.
5. Технологичность конструкций изделий: Справочник / Под ред. Ю.Д. Амирова. М.: Машиностроение, 1985. 368 с.
6. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Т.1, 5-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1980. 728 с.
7. Токарев В.И. Выбор заготовки из проката: Методические указания. Рубцовск: РИИ, 2004. 30 с.
8. Клименков С.С. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: учебник – Минск: Техноперспектива, 2008. – 407 с.
9. Схиртладзе А.Г., Борискин В.П., Макаров А.В. Проектирование и производство заготовок: учебник – Старый Оскол: ТНТ, 2009. – 448 с.
10. Кондаков А.И., Васильев А.С. Выбор заготовок в машиностроении: Справочник. – М.: Машиностроение, 2007. – 500 с.
11. Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. В 2-х томах, Т.1, 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1985. 656 с.
12. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / Под ред. А.А. Панова. М.: Машиностроение, 1988. 736 с.
13. Технология машиностроения (специальная часть) / А.А. Гусев, Е.Р. Ковальчук, И.М. Колесов и др. М.: Машиностроение, 1986. 480 с.
14. Проектирование технологии / И.М. Баранчукова, А.А. Гусев, Ю.Б. Крамаренко и др.; Под общ. ред. Ю.М. Соломенцева. М.: Машиностроение, 1990. 416 с.
15. Технология машиностроения: В 2 кн. Кн.2. Производство деталей машин: Учебное пособие / Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин и др.; Под ред. С.Л. Мурашкина. – М.: Высшая школа, 2003. 295 с.
16. Станочное оборудование машиностроительных производств: учебник для вузов: в 2-х ч. / А.М. Гаврилин, В.И. Сотников, А.Г. Схиртладзе, Г.А. Харламов. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. 407 с.
17. Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. В 2-х томах, Т.2, 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1985. 496 с.
18. Металлорежущие станки: учебник / В.Д. Ефремов [и др.]. – Старый Оскол: ТНТ, 2009. – 696 с.

19. Авраамова Т.М., Бушуев В.В., Гиловой Л.Я. Досько С.И. Металлорежущие станки: учебник / Под ред. В.В. Бушуева. В 2-х т. Том 1. – М.: Машиностроение, 2011. – 608 с.
20. Бушуев В.В., Еремин А.В., Какойло А.А., Макаров В.М. Металлорежущие станки: учебник / Под ред. М.П. Козочкина. В 2-х т. Том 2. – М.: Машиностроение, 2011. – 586 с.
21. Маталин А.А. Технология машиностроения. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-е, 2010. 496 с.
22. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. для машиностроит. спец. вузов / Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. 2-е изд., стер. М.: Высш. шк., 2007. 272 с.
23. Харламов Г.А., Тарапанов А.С. Припуски на механическую обработку: Справочник. М.: Машиностроение, 2006. 256 с.
24. Панов А.А., Хоменко В.В. Расчёт припусков на механическую обработку: Методические указания. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006. 44 с.
25. Альбом по проектированию приспособлений. Учебное пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов / Б.М. Базров, А.И. Сорокин, В.А. Губарь [и др.]. – М.: Машиностроение, 1991. – 121 с.
26. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. 7-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1979. 303 с.
27. Кузнецов Ю.И. Оснастка станков с ЧПУ. Справочник. – М.: Машиностроение, 1983. – 350 с.
28. Переналаживаемая технологическая оснастка / Под ред. Д.И. Полякова. – М.: Машиностроение, 1988. – 256 с.
29. Уткин Н.Ф. Приспособления для механической обработки – Л.: Лениздат, 1983. – 175 с.
30. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. Т.1 / Под ред. Б. Н. Вардашкина, А.А. Шатилова. М.: Машиностроение, 1984. 592 с.
31. Технологическая оснастка: учебное пособие / В.Н. Матвеев, А.П. Абызов, Н.А. Чемборисов. – Старый Оскол: ТНТ, 2012. – 232 с.
32. Верников А.Я. Магнитные и электромагнитные приспособления в металлообработке. – М.: Машиностроение, 1984. – 158 с.
33. Андреев Г.Н., Новиков В.Ю., Схиртладзе А.Г. Проектирование технологической оснастки машиностроительного производства: Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов / Под ред. Ю.М. Соломенцева. – 2-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 1999 – 415 с.
34. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. Изд-е 4-, исправл. и доп. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд. 1975. 655 с.
35. Плашей Г.И., Марголин Н.У., Пирович Л.Я. Приспособления агрегатных станков: Альбом конструкций. М.: Машиностроение, 1977. 192 с.
36. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1983. 277 с.
37. Кащук В.А., Верещагин А.Б. Справочник шлифовщика. М.: Машиностроение, 1988. 480 с.

38. Металлорежущие инструменты: учебник для вузов / Г.Н. Сахаров, О.Б. Арбузов, Ю.Л. Боровой [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.
39. Режущий инструмент: учебник для вузов / Под ред. С.В. Кирсанова. – М.: Машиностроение, 2005. – 528 с.
40. Справочник конструктора-инструментальщика / Под общ. ред. В.А. Гречишникова и С.В. Кирсанова. – М.: Машиностроение, 2006. – 542 с.
41. Справочник инструментальщика / И.А. Ординарцев, Г.В. Филиппов, А.Н. Шевченко и др.; Под общ. ред. И.А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-е, 1987. – 846 с.
42. Инструмент для станков с ЧПУ, многоцелевых станков и ГПС / И.Л. Фадюшин, Я.А. Музыкант, И.А. Мещеряков [и др.]. – М.: Машиностроение, 1990. – 272 с.
43. Фрумин Ю.Л. Комплексное проектирование инструментальной оснастки. – М.: Машиностроение, 1987. – 344 с.
44. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
45. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник / В.И. Баранчиков, А.В. Жаринов, Н.Д. Юдина и др.; под общ. ред. В.И. Баранчикова. М.: Машиностроение, 1990. 400 с.
46. Режущие инструменты, оснащенные сверхтвердыми и керамическими материалами, и их применение: Справочник / В.П. Жедь, Г.В. Боровский, Л.А. Музыкант, Г.М. Ипполитов. М.: Машиностроение, 1987. 320 с.
47. Металлообрабатывающий твердосплавный инструмент: Справочник / В.С. Самойлов, Э.Ф. Эйхманс, В.А. Фальковский и др. М.: Машиностроение, 1988. 368 с.
48. Сергеев А.Г. Метрология. Учеб. пособие для вузов / А.Г. Сергеев, В.В. Крохин. – М.: Логос, 2000. – 408 с.
49. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием: справочник / Под ред. С.Г. Энтелиса, Э.М. Берлинера. – М.: Машиностроение, 1986. – 352 с.
50. Бутовский М.Э., Алексеев Н.С. Смазочно-охлаждающие технологические средства: учебн. пособ. / РИИ – Рубцовск, 2003. – 136 с.
51. Серебренецкий П.П. Краткий справочник станочника. Л.: Лениздат, 1982. 360 с.
52. Общемашиностроительные нормативы режимов резания: Справочник: В 2-х т.: Т. 1 / А.Д. Локтев, И.Ф. Гуцин, В.А. Батуев и др. – М.: Машиностроение, 1991. 640 с.
53. Общемашиностроительные нормативы режимов резания: Справочник: В 2-х т.: Т. 2 / А.Д. Локтев, И.Ф. Гуцин, В.А. Батуев и др. – М.: Машиностроение, 1991. 304 с.
54. Режимы резания металлов: Справочник / Под ред. Ю.В. Барановского. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1972. 408 с.
55. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1990. 445 с.

56. Ковалова Р.И. Методические указания по расчёту, подбору режимов резания и техническому нормированию для студентов машиностроительных специальностей дневного, вечернего и заочного факультетов. Часть 1. Барнаул.: АПИ, 1985. 31 с.

57. Ковалова Р.И. Методические указания по расчёту, подбору режимов резания и техническому нормированию для студентов машиностроительных специальностей дневного, вечернего и заочного факультетов. Часть 2. Барнаул.: АПИ, 1986. 32 с.

58. Гузеев В.И. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с ЧПУ: Справочник / В.И. Гузеев, В.А. Батуев, И.В. Сурков; под ред. В.И. Гузеева. – М.: Машиностроение, 2005. – 368 с.

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

60. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Массовое производство. 3-е изд., М.: Машиностроение, 1974. 136 с.

61. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением: в 2 ч. – М.: Экономика, 1990. – Ч. 1. Нормативы времени. – 206 с.

62. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением: в 2 ч. – М.: Экономика, 1990. – Ч. 2. Нормативы режимов резания. – 472 с.

63. Каменская А.А. Оформление технологической документации: Методические указания. Барнаул: АлтГТУ, 1994. 42 с.

64. Кондрусевич Г.В., Токарев В.И., Шлыков В.Я. Оформление технологической документации: Методические указания. Рубцовск: РИИ, 1998. 80 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Средняя (экономическая) точность и шероховатость поверхностей

Методы обработки	Квалитет	Шероховатость Ra, мкм
Обработка наружных цилиндрических поверхностей		
Точение: черновое	IT14, 13, 12	50; 25; 20; 12,5
получистовое	IT11	10; 6,3; 5; 3,2
чистовое	IT10	5; 3,2; 2,5; 1,6
тонкое	IT9	1,25; 0,8
Шлифование: черновое	IT8	1,25; 0,8
чистовое	IT7	0,63; 0,4
тонкое	IT6	0,32
Обработка внутренних цилиндрических поверхностей		
Сверление и рассверливание	IT14, 13, 12	20; 12,5
Зенкерование: черновое	IT11	10; 6,3
чистовое	IT10	5; 3,2
Развертывание: черновое	IT9	2,5; 1,6
чистовое	IT8	1,25; 0,8
тонкое	IT7	0,63; 0,4
Растачивание: черновое	IT12	20; 12,5
чистовое	IT10	5; 3,2
тонкое	IT8	1,25; 0,8
Хонингование: черновое	IT7	0,63; 0,4
чистовое	IT7	0,32; 0,2
Шлифование: черновое	IT9,8	2,5; 1,6; 1,25
чистовое	IT7,6	0,8; 0,4
тонкое	IT5	0,2; 0,1
Обработка плоскостей		
Фрезерование цилиндрическими и торцовыми фрезами:		
черновое	IT14,13,12	20; 12,5; 10; 6,3
получистовое	IT12,11	5; 3,2; 2,5
чистовое	IT10	2,5; 1,6; 1,25
тонкое	IT9,8,7,6	0,8; 0,63; 0,4; 0,32
Протягивание: черновое	IT11,10	5; 3,2; 2,5; 1,6; 1,25
чистовое	IT9,8,7,6	2,5; 1,6; 1,25; 0,8; 0,63
Шлифование: черновое	IT9,8	2,5; 1,6; 1,25; 0,8
чистовое	IT7	0,63; 0,4; 0,32
тонкое	IT6	0,2; 0,16

Примечание. 1. Точность обработки торцовыми фрезами при сопоставимых условиях выше, чем цилиндрическими, примерно на один квалитет.

2. Тонкое фрезерование производят только торцовыми фрезами

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Форма титульного листа курсового проекта

Министерство образования и науки Российской Федерации
Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский
государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

Кафедра Техника и технологии машиностроения и пищевых производств

Курсовой проект защищен с оценкой _____
Руководитель
проекта _____

(подпись) (и. о. фамилия)

« » _____ 20 ____ г.
дата

_____ тема проекта

Пояснительная записка
к курсовому проекту

по дисциплине

_____ наименование дисциплины

_____ обозначение документа

Студент группы

_____ подпись

_____ и. о. фамилия

Руководитель
проекта

_____ должность, ученое звание

_____ подпись

_____ и. о. фамилия

РУБЦОВСК 20 ____

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

Образец оформления задания на курсовой проект

Рубцовский индустриальный институт АлтГТУ
Кафедра Техника и технологии машиностроения и пищевых производств

Задание на курсовой проект № 12

по дисциплине Технология машиностроения

Студент Белов С.П.

Группа КТМ–21

Курс 4

Тема: Разработать технологический процесс механической обработки ведущей шестерни конечной передачи (04.38.132-2) сельскохозяйственного трактора
Программа выпуска 23000 комплектов в год

1. Исходные данные для проектирования (научного исследования)

- Чертеж сборочной единицы
- Чертеж детали
- Действующий ТП обработки детали

2. Содержание пояснительной записки

- Проектирование технологического процесса сборки
- Проектирование технологического процесса изготовления детали
- Заключение

3. Перечень графического материала.

- Чертеж сборочной единицы
- Чертеж детали
- Чертежи технологических наладок на 1-2 операции.

4. Контрольные точки выполнения курсового проекта

Дата	1.03	15.03	1.04	10.04	20.04
Расчётная часть, %	15	30	60	90	100
Графическая часть, %	20	30	65	85	100
Подпись руководителя					

Срок предоставления проекта к защите «__»_____20__ г.

Руководитель проекта _____

подпись

дата

и. о. фамилия

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(обязательное)

Титульный лист комплекта технологических документов

Форма 2 (ГОСТ 3.1105)

Дубл.									
Взам.									
Подл.									
							Код док., куда входит данный	Листов	Лист
			РИИ АлтГТУ	Код детали(сб. ед., изделия)					
			Наименование детали (сб. ед., изделия)						

Министерство образования и науки Российской Федерации
Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВПО
«Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

Кафедра _____

Зав. кафедрой _____

“ ____ ” _____ 20__ г.

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ

на технологический процесс _____

Разработчик _____
 фамилия группа

_____ дата
 подпись

Руководитель _____
 фамилия должность

_____ дата
 подпись

Н. контролер _____
 фамилия должность

_____ дата
 подпись

Алексеев Николай Сергеевич

КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ПО ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Методическое пособие по организации, содержанию
и оформлению курсового проекта по технологии машиностроения
для студентов бакалавриата, обучающихся
по направлению 15.03.05 «Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств» всех форм обучения

Редактор Е.Ф. Изотова

Подписано в печать 04.09.14. Формат 60x84 /16.
Усл. печ. л. 4,69. Тираж 50 экз. Заказ 14 1286. Рег. №140.

Отпечатано в РИО Рубцовского индустриального института
658207, Рубцовск, ул. Тракторная, 2/6.