

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

*Методические указания
для студентов специальности
1-36 01 01 «Технология машиностроения»*

Часть 2

СБОРКА УЗЛОВ И МАШИН



Могилев 2013

УДК 621.01
ББК 34.41
Д 38

Рекомендовано к опубликованию
учебно-методическим управлением
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «22» февраля 2013 г.,
протокол № 10

Составитель канд. техн. наук, доц. В. А. Лукашенко

Рецензент канд. техн. наук, доц. С. Н. Хатетовский

В методических указаниях изложена общая методика выполнения всех разделов дипломного проекта, требования к оформлению графической части проекта, пояснительной записки и альбома технологических карт, приведен список научной, справочной и учебной литературы, необходимой для выполнения дипломного проекта. Настоящие указания являются практическим руководством для студентов и руководителей при выполнении дипломных проектов.

Учебное издание

ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Часть 2

Ответственный за выпуск	А. В. Капитонов
Технический редактор	И. В. Русецкая
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл.-печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 99 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет»
ЛИ № 02330/0548519 от 16.06.2009.
Пр. Мира, 43, 212000, г. Могилев.

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский
университет», 2013



1 Цели и задачи дипломного проектирования

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

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

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

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

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

Качество выполненного проекта определяется глубиной технологических и конструкторских разработок, а также элементами новизны, внесимыми в дипломный проект.

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

2 Тематика дипломных проектов

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

В каждом дипломном проекте должен быть решен комплекс взаимосвязанных технологических, конструкторских и организационно-экономических



вопросов, а также вопросов охраны труда и бережения энергоресурсов.

Темами дипломных проектов по технологии машиностроения могут быть:

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

3 Объем и содержание дипломного проекта

3.1 Графическая часть проекта

Графическая часть проекта выполняется на 9–10 чертежных листах формата А1.

При необходимости в дипломном проекте могут быть использованы дополнительные форматы, размеры которых соответствуют ГОСТ 2.301-68.

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

Все сборочные чертежи, представленные в графической части проекта, должны иметь спецификацию, оформленную в соответствии с ГОСТ 2.108-96. Все спецификации подшиваются в расчетно-пояснительную записку в качестве приложений.

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

3.1.1 Чертеж сборочной единицы (узла, машины) является исходным документом для разработки проекта и выполняется на 1–2 листах.

Чертеж должен содержать необходимое количество видов и разрезов, а также четко сформулированные технические требования к сборочной единице.

3.1.2 Размерные цепи. Чертеж выполняется на 1–1,5 листах. Размерная цепь первоначально строится на сборочном чертеже на основе анализа



технических требований и функционального назначения сборочной единицы. На данном чертеже вычерчивается часть сборочной единицы, участвующей в решении размерной цепи, и схема размерной цепи.

3.1.3 Операционные эскизы сборочных операций выполняются на 2–3 листах.

Эскизы вычерчиваются по переходам. На каждом переходе присоединяемые детали изображаются линиями толщиной $2S$ (S – толщина основной линии). Здесь же делается запись операции по переходам. Пример оформления операционного эскиза представлен на рисунке 1.

3.1.4 Приспособление сборочное – 1–2 листа.

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

На проекциях и разрезах указываются габаритные, установочные и присоединяемые размеры. Вместе с этим могут быть указаны посадки, определяющие точность обработки, сборки и наладки приспособления. На чертеже даются технические условия на изготовление приспособления (требования к биениям, параллельности, перпендикулярности, соосности и др.).

На чертеже приспособления сборочная единица или ее часть изображаются тонкими линиями в закрепленном положении. При этом сборочная единица считается «прозрачной».

3.1.5 Приспособление контрольное – 0,5–1 листа.

Как правило, приспособление проектируется для контроля качества сборки, для контроля относительного положения деталей в собранной сборочной единице, для регулировки положения деталей при сборке. В качестве контрольных приспособлений могут быть разработаны испытательные стенды. Оформление должно соответствовать требованиям, предъявляемым к сборочным чертежам.

3.1.6 Сборочный инструмент – 0,5–1 листа.

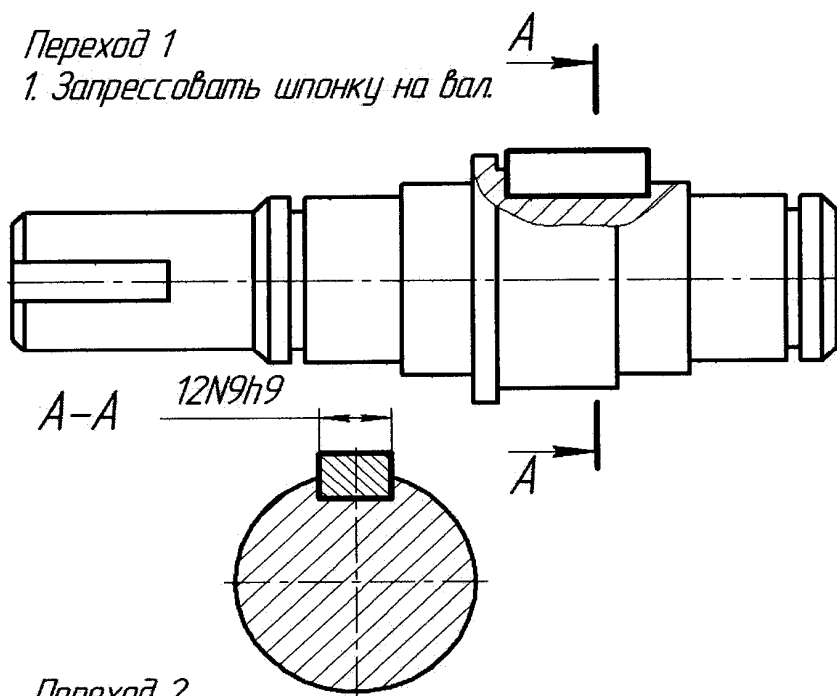
В качестве сборочных инструментов в дипломном проекте могут быть представлены оригинальные ручные или механизированные сборочные инструменты: гайковерты, шпильковерты, многошпindelные гайкозавертывающие головки, сменные инструменты сборочных роботов и манипуляторов и др. Оформление должно соответствовать требованиям, предъявленным к сборочным чертежам.

3.1.7 Схема сборки 1–1,5 листа.

Схема сборки является графическим представлением последовательности выполнения сборочных переходов (операций).

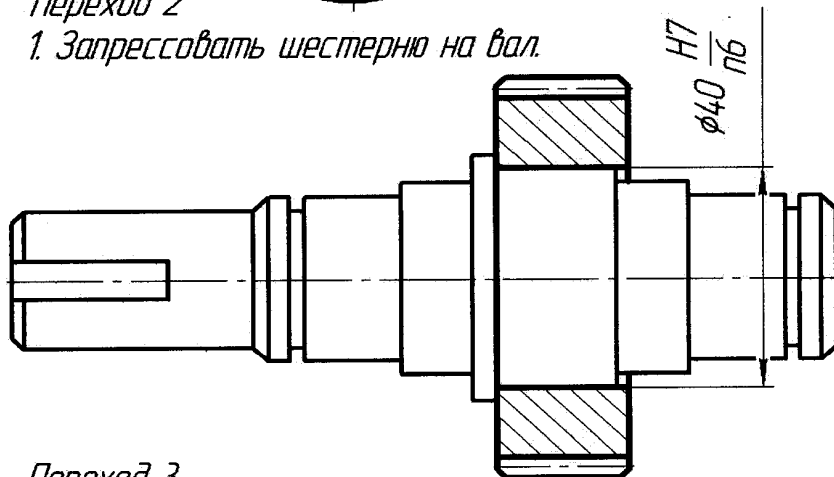
Переход 1

1. Запрессовать шпонку на вал.



Переход 2

1. Запрессовать шестерню на вал.



Переход 3

*1. Нагреть подшипник до 80°C в масляной ванне.
2. Запрессовать подшипник на вал.*

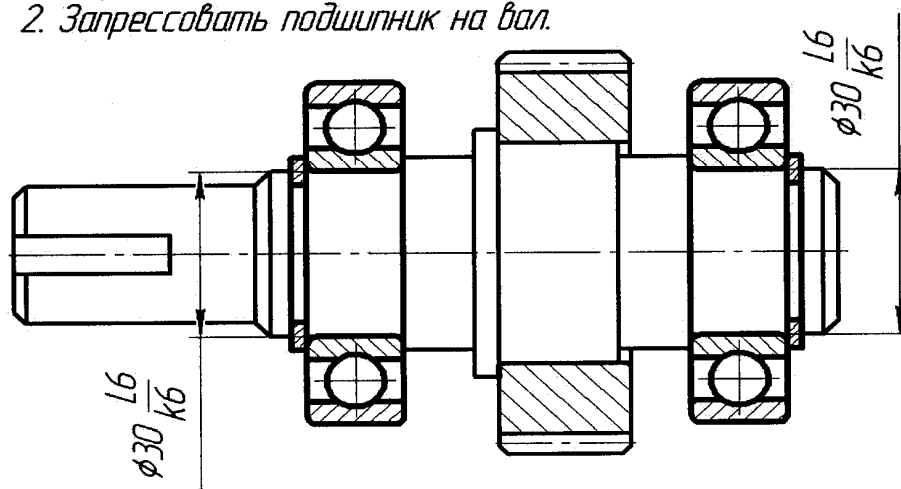


Рисунок 1 – Пример графического изображения операции сборки первичного вала

Детали на схеме сборки изображаются в виде прямоугольников, состоящих из трех частей (рисунок 2). В первой части указывается позиция детали на сборочном чертеже, во второй части – наименование детали по спецификации сборочного чертежа, в третьей части – количество присоединяемых деталей.

12	Подшипник 310 ГОСТ 8338-57	2
----	----------------------------	---

Рисунок 2

Все прямоугольники должны иметь одинаковую длину. Ширина прямоугольника зависит от наименования детали, записанного в одну или две строки.

При построении схемы сборки первой изображается базовая деталь сборочной единицы. От нее проводится горизонтальная (вертикальная) линия, вдоль которой сверху и снизу (справа и слева) изображаются детали в последовательности присоединения их к базовой детали.

Последним на горизонтальной (вертикальной) линии изображается прямоугольник, обозначающий собранное изделие. На этой же линии условными знаками обозначаются места регулировок и другие особенности техпроцесса сборки.

Пример выполнения схемы сборки приведен в [2, с. 77].

3.1.8 Устройства автоматизации и механизации технологического процесса – 1 лист.

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

- роботизированный технологический комплекс;
- устройства для механизации межоперационного транспорта: конвейеры, транспортеры;
- автоматические загрузочные устройства и устройства ориентации: манипуляторы, бункеры, отсекатели, кантователи и т. п.;
- средства механизации подъема и транспортирования тяжелых деталей: пневмо- и гидropодъемники, манипуляторы и т. п.

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

3.1.9 Патентный поиск – 1 лист.

В графической части вычерчиваются эскизы, схемы, чертежи устройств, выбранных автором проекта для использования в разрабатываемом

технологическом процессе в результате проведенных патентных исследований. Все устройства вычерчиваются в произвольном масштабе в том виде, как они представлены в авторских свидетельствах или патентах. Каждое устройство сопровождается надписью, в которую входят: название изобретения, страна, номер авторского свидетельства или патента, фамилии и инициалы авторов.

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

Чертежи схем, графиков и диаграмм в дипломных проектах с исследовательской частью должны соответствовать ГОСТ 2.319-81.

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

3.1.11 План участка – 1 лист.

Чертеж плана участка выполняется в масштабе 1:100 или 1:50 на отдельном листе.

На плане изображаются:

- колонны с осями и обозначением номера каждой колонны;
- транспортная система;
- сборочные стенды и рабочие места слесарей-сборщиков (верстаки);
- площадки для размещения собираемых деталей и готовых изделий;
- транспортные и грузоподъемные устройства (манипуляторы, промышленные роботы, транспортеры, конвейеры, краны, подъемники и др.);
- места подвода сжатого воздуха, а также места установки противопожарных средств;
- основные размеры: ширина пролетов, шаг колонн, ширина поперечных и продольных проходов и др.

Все наносимые на план изображения показываются условными обозначениями в установленном масштабе.

4 Пояснительная записка

4.1 Правила оформления пояснительной записки

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

Первым листом пояснительной записки является лист, определяющий содержание записки, с основной надписью, выполненной по форме 2 ГОСТ 2.104-68. Все последующие листы выполняются с основной надписью 2а того же ГОСТа. В графу 2 основной надписи записывается код (обозначение) документа. Порядок кодирования чертежей и пояснительной записки см. в разделе 9.

Слово «Содержание» записывается в виде заголовка симметрично



тексту с прописной буквы. Наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами, начиная с прописной буквы.

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

Расстояние от верхней или нижней строки текста, до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10 мм.

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

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

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

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

Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснение каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него и с отступом 15–18 мм от начала строки.

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

$$S_M = S_0 \cdot n ,$$

где S_0 – подача на оборот детали, мм/об.;

n – частота вращения детали, мин⁻¹.

Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. 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.

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

Цифровой материал, как правило, оформляют в виде таблицы в соответствии с рисунком 3.



Таблица 1 – Химический состав качественных углеродистых конструкционных сталей

В процентах

Марка стали	C	Si	Mn	P	S
20					
25					
30					
35					

Рисунок 3

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

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

Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице.

Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны документа на отдельной странице.

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

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

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

Слово «Таблица» указывают один раз слева над первой частью таблицы, над другими частями пишут «Продолжение таблицы» с указанием номера таблицы в соответствии с рисунком 3.

Если все показатели в графах таблицы выражены в одной и той же единице физической величины, то ее обозначение необходимо помещать над таблицей справа, а при делении таблицы на части – над каждой ее частью в соответствии с рисунком 3.

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

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



Общий объем записки не должен превышать 100 страниц печатного текста.

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

Содержание расчетно-пояснительной записки должно строиться по следующей схеме:

- введение;
- исходные данные для разработки проекта;
- спецвопрос;
- технологическое проектирование;
- конструирование и расчет приспособлений и инструментов;
- охрана труда;
- организационно-экономическое проектирование;
- энерго- и ресурсосбережение;
- заключение;
- список литературы;
- приложения.

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

Расчетно-пояснительная записка представляется на защиту в переплетенном виде.

4.2 Введение

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

4.3 Исходные данные для разработки проекта

4.3.1 Исходные данные.

Исходными данными для проектирования являются задание на дипломное проектирование, рабочие чертежи, указанные в задании, технические условия на сборочную единицу, годовой объем выпуска, краткая характеристика объекта производства.



4.3.2 Определение типа производства и организационной формы сборки.

Организационная форма сборки машин определяется типом и условиями производства. При этом решающими факторами являются: объем выпуска изделий в календарном периоде времени, трудоемкость сборочных работ и экономическая эффективность. Организационные формы сборки и их связь с типом производства представлены на рисунке 4. Трудоемкость сборки предварительно может быть определена сравнением с трудоемкостью сборки аналогичных машин; расчетом по укрупненным нормативам или принята по базовому (заводскому) варианту.

4.4 Спецвопрос

4.4.1 Состояние вопроса.

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

4.4.2 Выводы.

Здесь студент должен сделать выводы, вытекающие из проведенного анализа, на основании которых даются предложения об использовании тех или иных методов сборки, оборудования или инструментов в разрабатываемом технологическом процессе.

4.5 Назначение и конструкция сборочной единицы

В этом разделе приводятся:

- краткая характеристика машины, в которую входит сборочная единица;
- роль и назначение сборочной единицы в машине;
- описание устройства сборочной единицы с указанием позиций сборочного чертежа;
- описание взаимодействия составных частей и деталей сборочной единицы;
- анализ всех технических требований к сборочной единице.

Единичное		Мелкосерийное		Серийное		Крупносерийное		Массовое	
1 Объем выпуска изделий		1 Объем выпуска изделий		1 Объем выпуска изделий		1 Объем выпуска изделий		1 Объем выпуска изделий	
Трудоёмкость сборки изделия, ч	Среднемесячный выпуск, шт.	Среднемесячный выпуск, шт.	Среднемесячный выпуск, шт.	Среднемесячный выпуск, шт.	Среднемесячный выпуск, шт.	Среднемесячный выпуск, шт.	Среднемесячный выпуск, шт.	Среднемесячный выпуск, шт.	Среднемесячный выпуск, шт.
	До 1	2-4	Св. 2500	Св. 2500	Св. 5	Св. 2500	Св. 2500	Св. 2500	Св. 2500
До 3	3-8	250-2500	250-2500	9-60	250-2500	250-2500	250-2500	250-2500	250-2500
	До 5	8-30	25-250	31-350	25-250	25-250	25-250	25-250	25-250
До 8	9-50	2,5-25	2,5-25	51-600	2,5-25	2,5-25	2,5-25	2,5-25	2,5-25
	0,25-2,5	До 80	0,25-2,5	81-800	0,25-2,5	0,25-2,5	0,25-2,5	0,25-2,5	0,25-2,5
До 0,25	-	До 0,25	До 0,25	-	До 0,25	До 0,25	До 0,25	До 0,25	До 0,25
2 Номенклатура		2 Номенклатура		2 Номенклатура		2 Номенклатура		2 Номенклатура	
Различна		Состоит из изделий, выпускаемых мелкими партиями или сериями, систематически не повторяющимися		Состоит из изделий, выпускаемых партиями или сериями, повторяющимися через определенные промежутки времени		Состоит из изделий, выпускаемых крупными партиями или сериями, систематически повторяющимися		Состоит из изделий, выпускаемых крупными партиями или сериями, систематически повторяющимися	
3 Организационная форма		3 Организационная форма		3 Организационная форма		3 Организационная форма		3 Организационная форма	
Стационарная непоточная сборка без расчленения процесса		Стационарная непоточная сборка без расчленения работ и с расчленением		Стационарная непоточная сборка без расчленения процесса		Подвижная поточная сборка с расчленением процесса на операции и передаче собираемого объекта от одной позиции к другой посредством механических транспортирующих устройств; такт сборки строго регламентирован		Подвижная поточная сборка с расчленением процесса на операции и передаче собираемого объекта от одной позиции к другой посредством механических транспортирующих устройств; такт сборки строго регламентирован	

Рисунок 4 – Определение серийности и организационной формы сборки

4.6 Анализ технологичности сборочной единицы

Анализ технологичности изделия производится как на стадии его проектирования, так и изготовления. Под технологичностью конструкции изделия понимается совокупность свойств конструкции, проявляемых в возможности оптимальных затрат труда, средств, материалов и времени при технической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте по сравнению с соответствующими показателями однотипных конструкций изделий того же назначения.

Правила обеспечения технологичности конструкции сборочных единиц предусматривают нижеследующие требования к оформлению конструкции:

- возможность сборки машин из обособленных сборочных единиц без повторной разборки;
- максимальное применение стандартных и унифицированных сборочных единиц и деталей;
- сокращение длительности цикла узловой и общей сборки и снижение ее себестоимости.

При разработке технологических процессов сборки для автоматических сборочных систем (гибких производственных систем, автоматических сборочных линий, роботизированных технологических комплексов, станков-автоматов) дополнительно проводится анализ технологичности собираемого изделия.

Вместе с качественной оценкой при проектировании технологического процесса сборки производится количественная оценка технологичности, которая включает расчет и сопоставление численных значений показателей технологичности с их базовыми значениями.

Базовые показатели определяются для изделия-аналога и отражают уровень технологичности, достигнутый при изготовлении аналогичных изделий на момент проектирования.

Расчет показателей технологичности выполняется по методике, изложенной в [2, с. 25].

В заключение на основе проведенного анализа технологичности излагаются предложения по усовершенствованию конструкции изделия.

4.7 Анализ базового техпроцесса сборки

Проектирование нового технологического процесса начинается с анализа существующего. Анализ включает рассмотрение построения операций, характера применяемого сборочного оборудования, приспособлений, сборочных инструментов, средств механизации и автоматизации. Особое внимание уделяется методам обеспечения точности и контроля замыкающих звеньев, что является одним из показателей качества сборки.

В заключение даются предложения по изменению существующего технологического процесса сборки.

4.8 Выбор методов достижения точности. Построение и расчет размерных цепей

Вопрос о выборе метода достижения точности машины решается на основе технико-экономических расчетов и должен соответствовать типу производства. Выбор метода начинается с тщательного изучения сборочных чертежей и установления связей и взаимодействия всех сборочных единиц и деталей, составляющих машину. При этом необходимо четко сформулировать задачи, которые требуется решать в процессе достижения ее точности. Исходя из поставленных задач, находят исходные (замыкающие) звенья и выявляют соответствующие им размерные цепи.

Размерная цепь – это совокупность функционально связанных размеров, образующих замкнутый контур и участвующих в решении поставленной задачи.

Каждый из размеров, образующих размерную цепь, называют звеном размерной цепи. Любая размерная цепь имеет одно исходное (замыкающее) звено и два или более составляющих звеньев.

Исходным называется звено, к которому предъявляется основное требование точности, определяющее качество изделия в соответствии с техническими требованиями. Понятие исходного звена используется при решении прямой задачи, т. е. при проектном расчете.

Исходное звено в процессе сборки изделия получается обычно последним, замыкая размерную цепь. В этом случае такое звено называется замыкающим.

Все остальные звенья размерной цепи называются составляющими. Среди них различают увеличивающие и уменьшающие звенья. Увеличивающим называется звено, при увеличении которого замыкающее звено увеличивается. Уменьшающим называется звено, при увеличении которого замыкающее звено уменьшается. Звенья размерной цепи обозначают прописными буквами русского алфавита.

Обычно исходными звеньями являются расстояния между поверхностями или осями, их относительные повороты, которые требуется обеспечить при конструировании машины и достичь в процессе ее изготовления.

В качестве составляющих звеньев размерной цепи могут быть приняты:

- расстояния (относительные повороты) между поверхностями (их осями) деталей, образующими исходное звено;
- расстояния (относительные повороты) между поверхностями вспомогательных и основных баз деталей.

Соблюдая эти положения, для выявления цепи необходимо идти от поверхностей или осей деталей, образующих исходное звено, к поверхностям или осям деталей, размеры которых оказывают влияние на исходное звено, до образования замкнутого контура. Замкнутость контура размерной цепи является одним из условий правильности ее построения. Следует иметь в ви-

ду, что правильность выявленной размерной цепи зависит от четкости сформулированной задачи, а поставленную задачу можно решить с помощью только единственной правильно построенной размерной цепи. Все задачи вытекают из требований к точности машины.

При разработке конструкции машины конструктором предусматриваются методы достижения точности ее параметров. Задача технолога – выяснить эти методы и с позиции реальных условий производства оценить их. Известны пять методов достижения точности замыкающего звена:

- метод полной взаимозаменяемости;
- метод неполной взаимозаменяемости;
- метод групповой взаимозаменяемости;
- метод регулирования;
- метод пригонки.

4.8.1 Метод полной взаимозаменяемости.

Сущность метода состоит в том, что точность замыкающего звена обеспечивается у всех без исключения изделий без какого-либо подбора звеньев или их пригонки.

При этом прямая и обратная задачи решаются методом максимума-минимума. Этот метод основан на том, что при расчетах учитываются максимальные и минимальные размеры составляющих звеньев и их самые неблагоприятные сочетания в одной сборочной единице.

Метод полной взаимозаменяемости основан на следующих зависимостях.

Уравнение размерной цепи в номинальных размерах

$$A_{\Delta} = \sum^m A_{ув} - \sum^n A_{ум}, \quad (1)$$

где A_{Δ} – номинальное значение замыкающего звена;

$\sum^m A_{ув}$ – сумма увеличивающих звеньев;

$\sum^n A_{ум}$ – сумма уменьшающих звеньев;

m, n – число увеличивающих и уменьшающих звеньев соответственно.

Допуск замыкающего звена определяют

$$T_{\Delta} = \sum^m T_{ув} + \sum^n T_{ум} \quad \text{или} \quad T_{\Delta} = \sum^{m+n} T_i, \quad (2)$$

где $\sum T_i$ – сумма допусков всех составляющих звеньев;

$m + n$ – число всех составляющих звеньев.

Решение прямой задачи при методе полной взаимозаменяемости выполняют в следующей последовательности:



– записывают параметры исходного (замыкающего) звена: номинальный размер A_{Δ} , предельные отклонения ESA_{Δ} и EIA_{Δ} , допуск $T_{\Delta} = ESA_{\Delta} - EIA_{\Delta}$, координату середины поля допуска

$$Ec_{\Delta} = \frac{ESA_{\Delta} + EIA_{\Delta}}{2}; \quad (3)$$

– по сборочному чертежу изделия выявляют составляющие звенья A_i , строят размерную цепь, определяют по ней увеличивающие и уменьшающие звенья;

– с учетом масштаба чертежа изделия определяют номинальные размеры составляющих звеньев A_i ;

– проверяют правильность определения номинальных значений составляющих звеньев по уравнению (1);

– определяют среднее значение допусков составляющих звеньев (существует способ назначения допусков одного качества точности)

$$T_{иср} = \frac{T_{\Delta}}{m + n}; \quad (4)$$

– по номинальным размерам составляющих звеньев и с учетом полученного среднего значения на все составляющие звенья, кроме одного, назначают стандартные допуски по ГОСТ 25347-82 (на одно звено может быть установлен нестандартный допуск);

– проверяют правильность определения допусков составляющих звеньев по формуле (2);

– задают расположение допусков составляющих звеньев, кроме одного звена (для охватываемых поверхностей допуски задают «в плюс», для охватываемых – «в минус», для остальных – симметрично);

– определяют координаты середин полей допусков составляющих звеньев, кроме одного звена

$$Ec_i = \frac{ESA_i + EIA_i}{2}, \quad (5)$$

где ESA_i – верхнее отклонение размера A_i ;

EIA_i – нижнее отклонение размера A_i ;

– определяют координату середины поля допуска, оставшегося неизвестным звена из уравнения

$$Ec_{\Delta} = \sum^m Ec_{ув} - \sum^n Ec_{ум}, \quad (6)$$

где $\sum^m Ec_{ув}$ – сумма координат середин полей допусков увеличивающих звеньев;

$\sum^n Ec_{ym}$ – сумма координат середин полей допусков уменьшающих звеньев;

– определяют предельные отклонения оставшегося неизвестным звена

$$ESA_i = Ec_i + 0,5T_i; \quad EIA_i = Ec_i - 0,5T_i; \quad (7)$$

– выполняют проверку правильности расчетов по формулам:

$$\begin{aligned} ESA_{\Delta} &= \sum^m Ec_{yb} - \sum^n Ec_{ym} + 0,5 \cdot \sum^{m+n} T_i; \\ EIA_{\Delta} &= \sum^m Ec_{yb} - \sum^n Ec_{ym} - 0,5 \cdot \sum^{m+n} T_i. \end{aligned} \quad (8)$$

Проверка правильности расчетов может быть выполнена и по другим формулам:

$$\begin{aligned} ESA_{\Delta} &= \sum^m ESA_{yb} - \sum^n EIA_{ym}; \\ EIA_{\Delta} &= \sum^m EIA_{yb} - \sum^n ESA_{ym}, \end{aligned} \quad (9)$$

где $\sum^m ESA_{yb}$ – сумма верхних отклонений увеличивающих звеньев;

$\sum^n EIA_{ym}$ – сумма нижних отклонений уменьшающих звеньев;

$\sum^m EIA_{yb}$ – сумма нижних отклонений увеличивающих звеньев;

$\sum^n ESA_{ym}$ – сумма верхних отклонений уменьшающих звеньев.

Допуски составляющих звеньев могут быть назначены по одному качеству точности вместо определения среднего допуска.

4.8.2 Метод неполной взаимозаменяемости.

Сущность метода состоит в том, что точность замыкающего звена обеспечивается не у всех изделий, а только у заранее обусловленной их части. При этом предварительно устанавливается процент риска, т. е. процент изделий, у которых может не обеспечиваться точность замыкающего звена. Следует заметить, что процент риска – это лишь вероятность получения бракованных изделий. Расчет параметров составляющих звеньев при этом выполняют теоретико-вероятностным методом, в основу которого положены следующие математические зависимости:

– уравнение размерной цепи в номинальных размерах

$$A_{\Delta} = \sum^m A_{yb} - \sum^n A_{ym}; \quad (10)$$

– допуск замыкающего звена

$$T_{A_{\Delta}} = t \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{m+n} \lambda_i^2 T_{A_i}^2}, \quad (11)$$

где t – коэффициент, зависящий от процента риска;

λ_i – коэффициент, характеризующий закон рассеяния размеров.

При нормальном законе распределения размеров $\lambda_i^2 = 1/9$, при неизвестном законе: $\lambda_i^2 = 1/3$, при законе треугольника: $\lambda_i^2 = 1/6$.

Ряд значений коэффициента t приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Значения коэффициента t

Процент риска p , %	32,00	10,00	4,50	1,00	0,27	0,10	0,01
Коэффициент t	1,00	1,65	2,00	2,57	3,00	3,29	3,89

Решение прямой задачи при методе неполной взаимозаменяемости выполняют в следующей последовательности:

- записывают параметры исходного (замыкающего) звена: номинальный размер A_{Δ} , предельные отклонения ESA_{Δ} и EIA_{Δ} , допуск T_{Δ} , координату середины поля допуска Es_{Δ} ;

- по сборочному чертежу изделия выявляют составляющие звенья A_i , строят размерную цепь, определяют по ней увеличивающие и уменьшающие звенья;

- с учетом масштаба чертежа изделия определяют номинальные размеры составляющих звеньев A_i ;

- проверяют правильность определения номинальных значений составляющих звеньев по уравнению (10);

- задаются процентом риска p , определяют значение коэффициента t (см. таблицу 1) устанавливают законы распределения составляющих звеньев и коэффициенты λ_i ;

- определяют среднее значение допусков составляющих звеньев (существует способ назначения допусков одного качества точности)

$$T_{icp} = \frac{T_{\Delta}}{t \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{m+n} \lambda_i^2}}. \quad (12)$$

- по номинальным размерам составляющих звеньев и с учетом полученного среднего значения на все составляющие звенья, кроме одного, назначают стандартные допуски по ГОСТ 25347-82 (на одно звено может быть установлен нестандартный допуск);

- проверяют правильность определения допусков составляющих звеньев по формуле (11);

- задают расположение допусков составляющих звеньев, кроме одного звена (для охватывающих поверхностей допуски задают «в плюс», а для охватываемых – «в минус», для остальных – симметрично);
- определяют координаты середин полей допусков составляющих звеньев, кроме одного звена, по формуле (5);
- определяют координату середины поля допуска, оставшегося неизвестным звена из уравнения (6);
- определяют предельные отклонения оставшегося неизвестным звена по формулам (7);
- выполняют проверку правильности расчетов по формулам:

$$\begin{aligned}
 ESA_{\Delta} &= \sum^m Ec_{yв} - \sum^n Ec_{yм} + t \cdot \sqrt{\sum^{m+n} \lambda_i^2 (0,5TA_i)^2}; \\
 EIA_{\Delta} &= \sum^m Ec_{yв} - \sum^n Ec_{yм} - t \cdot \sqrt{\sum^{m+n} \lambda_i^2 (0,5TA_i)^2}.
 \end{aligned}
 \tag{13}$$

4.8.3 Методы регулирования и пригонки.

Метод регулирования – это метод, при котором точность замыкающего звена достигается изменением размера или положения компенсирующего звена без снятия слоя металла. При использовании этого метода в конструкцию изделия вводится специальная деталь – компенсатор. Компенсаторы могут быть неподвижными, подвижными, упругими.

Неподвижные компенсаторы обычно выполняют в виде прокладок, колец, втулок, плит и т. п. Собираемые детали в этом случае изготавливаются по расширенным, экономически целесообразным производственным допускам. Тогда производственный допуск замыкающего звена

$$TA'_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-2} TA'_i, \tag{14}$$

где TA'_i – производственные (увеличенные) допуски составляющих звеньев.

Величина компенсации определяется по формуле

$$T_k = TA'_{\Delta} - TA_{\Delta} + T_{мк}, \tag{15}$$

где TA_{Δ} – допуск замыкающего звена, установленный сборочным чертежом;

$T_{мк}$ – допуск на изготовление компенсатора.

По принятым производственным допускам и предельным отклонениям составляющих звеньев определяются координаты их середин полей допусков, кроме компенсирующего звена



$$Ec'_i = \frac{ESA_i + EIA_i}{2}. \quad (16)$$

По полученным результатам (см. формулу (16)) рассчитывается координата середины поля производственного допуска замыкающего звена

$$Ec'_\Delta = \sum^m Ec'_{ув} - \sum^n Ec'_{ум}. \quad (17)$$

Далее определяется величина компенсации координаты середины поля производственного допуска замыкающего звена

$$Ec_k = \pm (Ec_\Delta - Ec'_\Delta). \quad (18)$$

В формуле (18) знак «плюс» принимается в том случае, если компенсатор является увеличивающим звеном, а знак «минус» – уменьшающим звеном.

После этого рассчитываются предельные значения величины необходимой компенсации

$$\begin{aligned} ES_k &= Ec_k + \frac{T_k}{2}; \\ EI_k &= Ec_k - \frac{T_k}{2}. \end{aligned} \quad (19)$$

При этом, если получено $EI_k > 0$, то расчет продолжается по формулам (21), (22). Если $EI_k < 0$, что не имеет физического смысла, то необходимо изменить координату поля допуска одного (любого) из составляющих звеньев на величину $Ec''_i = Ec'_i - EI_k$ (для увеличивающего звена) или $Ec''_i = Ec'_i + EI_k$ (для уменьшающего звена). После этого рассчитываются новые предельные отклонения для измененного звена

$$\begin{aligned} ESA''_i &= Ec''_i + 0,5TA'_i; \\ EIA''_i &= Ec''_i - 0,5TA'_i. \end{aligned} \quad (20)$$

В заключение устанавливают толщину одной прокладки компенсирующего звена из условия

$$S \leq TA_\Delta. \quad (21)$$

Необходимое количество прокладок рассчитывают по формуле

$$N = \frac{T_k}{S}. \quad (22)$$

Оптимальным считается $N = 5-7$.



4.9 Схема сборки

Последовательность сборки, в основном, определяется конструкцией изделия, компоновкой деталей, методами достижения требуемой точности и может быть представлена в виде технологической схемы сборки – наглядного изображения порядка сборки машины и входящих в нее деталей сборочных единиц или комплектов. Эта схема позволяет наглядно представить весь технологический процесс, проверить правильность намеченной последовательности операций. На этих схемах каждый элемент изделия обозначают прямоугольником, в котором указывают наименование составной части, позицию на сборочном чертеже изделия, количество. Деталь или ранее собранная сборочная единица, с которой начинают сборку изделия, присоединяя к ней другие детали и сборочные единицы, называется базовой деталью или базовой сборочной единицей.

Процесс сборки изображается на схеме горизонтальной (вертикальной) линией в направлении от прямоугольника с изображением базовой детали до прямоугольника, изображающего готовое изделие. Сверху и снизу от горизонтальной или справа и слева от вертикальной линии показывают прямоугольники, условно обозначающие детали и сборочные единицы в последовательности присоединения их к базовой детали. На схеме сборки также условными обозначениями (кружками, треугольниками и буквами) показывают места регулировки, пригонки и другие операции.

Пример схемы сборки червячного редуктора представлен в [2, с. 77].

4.10 Принятый технологический процесс сборки

На основе анализа базового технологического процесса и составленной схемы сборки формируются сборочные операции.

Принятый технологический процесс оформляется в виде таблицы 2.

Таблица 2 – Принятый техпроцесс сборки

Номер операции	Наименование и содержание операции	Оборудование

4.11 Расчет режимов сборки соединений с натягом

Для расчета режимов сборки и выбора сборочных инструментов и оборудования в дипломном проекте предварительно рассчитываются предельные зазоры и натяги в соединениях сборочной единицы. Для этого на сборочном чертеже обозначаются посадки соединений, выписываются предельные отклонения валов и отверстий, строятся схемы полей допусков и рассчитываются предельные зазоры и натяги по формулам:

$$N_{\max} = es - EI; \quad N_{\min} = ei - ES;$$

$$S_{\max} = ES - ei; \quad S_{\min} = EI - es, \quad (23)$$

где es и ei – верхнее и нижнее предельные отклонения размеров вала соответственно;

ES и EI – верхнее и нижнее предельные отклонения размеров отверстия соответственно.

Для сборки соединений с натягом применяют следующие способы:

- механическая запрессовка при нормальной температуре;
- сборка с нагревом охватываемой детали (отверстия);
- сборка с охлаждением охватываемой детали (вала).

Механическая запрессовка является наиболее известным и несложным процессом, применяется при относительно небольших натягах

$$N_{\max} \leq 0,001 d, \quad (24)$$

где d – номинальный диаметр соединения, мм.

При таком способе сборки микронеровности частично сминаются и фактический натяг в соединении уменьшается. Поэтому шероховатость посадочных поверхностей назначают в пределах $Ra \leq 1,25$ мкм.

Необходимое усилие запрессовки рассчитывается по формуле

$$P = f \cdot \pi \cdot d \cdot L \cdot p, \quad (25)$$

где f – коэффициент трения на контактных поверхностях, $f = 0,08-0,1$;

d – номинальный диаметр соединения, м;

L – длина сопрягаемых поверхностей, м;

p – давление на поверхности контакта, МПа.

Давление на поверхности контакта рассчитывается по формуле

$$p = \frac{N_{\max} \cdot 10^{-6}}{d \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)}, \quad (26)$$

где N_{\max} – максимальный натяг в соединении, мкм;

C_1 и C_2 – коэффициенты Ляме для охватываемой (вала) и охватываемой (отверстия) деталей соответственно;

E_1 и E_2 – модули упругости материалов вала и отверстия соответственно, Н/м².

Коэффициенты Ляме C_1 и C_2 могут быть рассчитаны по формулам:

$$C_1 = \frac{1 + \left(\frac{d_1}{d} \right)^2}{1 - \left(\frac{d_1}{d} \right)^2} - \mu_1; \quad C_2 = \frac{1 + \left(\frac{d}{d_2} \right)^2}{1 - \left(\frac{d}{d_2} \right)^2} + \mu_2, \quad (27)$$



где d_1 – диаметр отверстия вала, мм;
 d_2 – наружный диаметр втулки, мм;
 μ_1 и μ_2 коэффициенты Пуассона для охватываемой и охватывающей деталей соответственно.

Для сплошного вала $d_1 = 0$ и $C_1 = 1 - \mu_1$.

При запрессовке втулки в массивный корпус $d_2 \rightarrow \infty$, а $C_2 = 1 + \mu$.

По полученному значению усилия запрессовки P подбирают пресс с учетом коэффициента запаса $k = 1,5$.

Деформации, возникающие в процессе запрессовки, вызывают увеличение диаметра охватывающей детали Δd_2 и уменьшение внутреннего диаметра Δd_1

$$\Delta d_2 = \frac{2 \cdot p \cdot d_2 \cdot d^2}{E_2 \cdot (d_2^2 - d^2)}; \quad \Delta d_1 = \frac{2 \cdot p \cdot d_1 \cdot d^2}{E_1 \cdot (d^2 - d_1^2)}. \quad (28)$$

Если эти изменения диаметров имеют существенные значения и размеры собранных деталей выходят за пределы установленных допусков, то в технологическом процессе необходимо предусмотреть операции по их восстановлению.

Пример расчета соединения с натягом приведен в [2, с. 111].

Сборка соединений с нагревом охватывающей или охлаждением охватываемой детали применяется как при относительно больших, так и при небольших натягах.

Для нагрева деталей используют следующие средства: кипящую воду ($t \leq 100$ °С), масляную ванну ($t = 110-130$ °С), газовые горелки, нагревательные шкафы или печи, установки токов высокой частоты. Во избежание структурных изменений металла не рекомендуется нагревать детали выше 400 °С.

Способ сборки с охлаждением охватываемой детали уступает способу с нагревом, так как при нем возможна сборка с меньшими натягами в связи с ограничением температуры охлаждения.

В качестве средств охлаждения используют: сухой лед ($t = -79$ °С), сухой лед со спиртом ($t = -100$ °С), жидкий азот ($t = -196$ °С). Этот способ имеет преимущественное применение при сборке тонкостенных деталей (втулок) с массивными корпусами.

Температура нагрева охватывающей детали рассчитывается по формуле

$$t = \frac{N_{\max} + S_{\text{сб}}}{\alpha \cdot d} + t_{\text{сб}}, \quad (29)$$

где N_{\max} – максимальный натяг в соединении, мм;

$S_{\text{сб}}$ – минимально необходимый зазор при сборке, принимается равным S_{\min} в посадке Н7/г6 (таблица 3), мм;

α – коэффициент линейного расширения материала детали (таблица 4), град⁻¹;



d – диаметр соединения, мм;
 $t_{сб}$ – температура помещения сборки, °С.

Температура охлаждения охватываемой детали рассчитывается по формуле

$$t = t_{сб} - \frac{N_{\max} + S_{сб}}{\alpha \cdot d}. \quad (30)$$

Таблица 3 – Минимально необходимые зазоры $S_{сб}$ (минимальные зазоры посадки Н7/г6)

В миллиметрах

Диаметр соединения d	1–3	3–6	6–10	10–18	18–30	30–50	50–80
Зазор $S_{сб}$	0,002	0,004	0,005	0,006	0,007	0,009	0,010

Продолжение таблицы 3

Диаметр соединения d	80–120	120–180	180–250	250–315	315–400	400–500
Зазор $S_{сб}$	0,012	0,014	0,015	0,017	0,018	0,020

Таблица 4 – Коэффициенты линейного расширения металлов и сплавов α

В градусах

Материал	α	Материал	α
Сталь незакаленная	$11,5 \cdot 10^{-6}$	Латунь	$(17-21) \cdot 10^{-6}$
Сталь закаленная	$12,0 \cdot 10^{-6}$	Дюралюминий	$22,6 \cdot 10^{-6}$
Чугун	$(10-11,4) \cdot 10^{-6}$	Титановые сплавы	$8,4 \cdot 10^{-6}$
Бронза	$17,5 \cdot 10^{-6}$	Цинковые сплавы	$27,7 \cdot 10^{-6}$

4.12 Расчет режимов сборки соединений с подшипниками качения

Подшипники на вал и в корпус могут устанавливаться с зазорами или натягами. При установке подшипника усилие необходимо прикладывать к тому кольцу подшипника, которое устанавливается с натягом. Во избежание перекосов прикладываемое усилие должно быть равномерно распределено по всему торцу кольца. В том случае, когда запрессовывают оба кольца подшипника, усилие запрессовки прикладывают одновременно к торцам обоих колец с помощью специальной оправки.

Необходимое усилие запрессовки рассчитывается по формуле

$$P = 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot N_{\phi} \cdot f \cdot \pi \cdot B \cdot E \cdot \left(1 - \frac{d}{d_0}\right)^2, \quad (31)$$



где N_{Φ} – фактический натяг в соединении, мм;
 f – коэффициент трения, $f = 0,1-0,15$;
 B – ширина подшипника, мм;
 E – модуль упругости, $E = 2,12 \cdot 10^{11}$ Н/м²;
 d – диаметр отверстия внутреннего кольца подшипника.

$$d_o = d + \frac{D - d}{4}, \quad (32)$$

где D – наружный диаметр подшипника.

Фактический натяг N_{Φ} приближенно можно определить по формуле

$$N_{\Phi} = 0,8 \cdot N_{\max}, \quad (33)$$

где N_{\max} – максимальный натяг в соединении.

Пример расчета усилия, необходимого для запрессовки подшипника, приведен в [2, с. 121].

Сборка подшипника с валом существенно облегчается, если использовать нагрев подшипника. Для нагрева применяют масляные ванны с регуляторами температуры в пределах 80–100 °С. Время выдержки подшипника в горячей ванне составляет 15–20 мин. В результате нагрева натяг уменьшается на величину

$$\Delta N = \Delta t \cdot \alpha \cdot d, \quad (34)$$

где Δt – разность температур подшипника и вала, °С;

α – коэффициент линейного расширения, град⁻¹;

d – внутренний диаметр подшипника, мм.

Для полного исключения натяга при установке подшипника на вал разность их температур должна составлять

$$\Delta t \geq \frac{N}{\alpha \cdot d}. \quad (35)$$

Однако температура нагрева подшипника не должна превышать 100 °С во избежание ухудшения механических свойств материала подшипника.

При установке подшипника в корпус с натягом применяют его охлаждение до 75–77 °С или нагрев корпуса, если позволяет его конструкция. Для охлаждения подшипника используют сухой лед.

4.13 Техническое нормирование

Расчет технических норм времени выполняется на все операции технологического процесса. Для двух операций в пояснительной записке приводится подробный расчет норм времени по элементам.

В крупносерийном и массовом производстве рассчитывается норма штучного времени по формуле



$$t_{шт} = t_o + t_v + t_{обс} + t_{отд}, \quad (36)$$

где t_o – основное время;

t_v – вспомогательное время;

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

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

Время на обслуживание рабочего места и отдых нормируется в процентах от оперативного времени, которое рассчитывается по формуле

$$t_{оп} = t_o + t_v. \quad (37)$$

Тогда

$$t_{шт} = t_{оп} \left(1 + \frac{A_{обс} + A_{отд}}{100} \right) k, \quad (38)$$

где $A_{обс}$ – процент оперативного времени на обслуживание рабочего места;

$A_{отд}$ – процент оперативного времени на отдых;

k – поправочный коэффициент на оперативное время, учитывающий количество приемов, выполняемых рабочим.

В серийном производстве, где изделия собираются партиями, рассчитывается норма штучно-калькуляционного времени

$$t_{шт-к} = t_{шт} + \frac{t_{п.-з}}{n}, \quad (39)$$

где $t_{п.-з}$ – подготовительно-заключительное время на партию изделий;

n – размер партии изделий.

При поточной сборке в состав штучного времени включается время на перемещение собираемого изделия (при периодически движущемся конвейере) или на возвращение рабочего в исходную позицию (при непрерывно движущемся конвейере). Если эти времена перекрываются другими элементами штучного времени, то они не учитываются.

Обеспечение синхронизации операций в условиях поточного производства часто требует корректировки ранее принятых решений: изменения содержания операций путем их совмещения или расчленения, применения более производительных средств оснащения и т. п.

Нормы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места выбираются из нормативной литературы [11–13]. Нормы времени на все операции сводятся в таблицу 5.



Таблица 5 – Сводная таблица норм времени

В минутах

Номер и наименование операции	Основное время t_o	Вспомогательное время t_v	Оперативное время t_b	Время на обслуживание $t_{обс}$	Время на отдых $t_{отд}$	Штучное время $t_{шт}$	Подготовительно-заключительное время $t_{п.-з.}$	Штучно-калькуляционное время $t_{шт-к}$
05. Слесарная								

4.14 Автоматизированное проектирование

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

4.15 Планировка участка

В пояснительной записке должна быть описана общая компоновка цеха с указанием принципа компоновки участков механических и сборочных, вспомогательных и бытовых помещений, общего направления грузопотока. Здесь же дается обоснование типа и конструкций здания, этажность производственных и обслуживающих помещений, характер пристройки для бытовых помещений и основные размеры здания (сетка колонн, высота и длина пролетов), конструкции и материалы стен, колонн, перекрытий, тип световых фонарей, способов водоотвода. После общего описания цеха дается описание планировки проектируемого участка с указанием способа расположения оборудования, направления движения собираемых изделий.

Расположение оборудования и рабочих мест в сборочном цехе должно соответствовать последовательности выполнения сборочного процесса. Такое расположение обеспечивает наиболее короткий путь перемещения деталей и сборочных единиц.

В общем случае рабочие места в цехе (на участке) должны располагаться в следующем порядке:

- слесарная обработка деталей (в случаях, когда она необходима);
- сборка подузлов и узлов;
- общая сборка машины;
- регулировка и обкатка машины;
- испытание машины;
- окраска и консервация машины.

На основе приведенного выше перечня выполняемых сборочных работ располагается сборочное оборудование:

- верстаки для слесарной обработки;



- верстаки, столы, рольганги, конвейеры и специальные устройства для сборки узлов, подузлов, агрегатов машины;
- специальные стенды, рельсовые и безрельсовые тележки, рельсовые пути, подвесные монорельсовые пути, карусельные столы для общей сборки машины.

4.16 Расчет численности работающих

В состав работающих сборочного цеха (участка) входят:

- производственные рабочие;
- вспомогательные рабочие;
- младший обслуживающий персонал;
- инженерно-технический и счетно-конторский персонал.

Количество рабочих сборочного цеха рассчитывают по методике, изложенной в [2, с. 94].

4.17 Расчет площади участка (цеха)

Предварительно площадь сборочного участка может быть определена по удельной площади, приходящейся на одного производственного рабочего, и количеству рабочих, занятых в наиболее многочисленную смену по формуле

$$F = f \cdot R_{\text{см}}, \quad (40)$$

где f – удельная площадь на одного производственного рабочего, м^2 ;

$R_{\text{см}}$ – количество рабочих наиболее многочисленной смены.

Примерные значения удельных площадей приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Примерные значения удельных площадей в сборочных цехах для разных видов машиностроения

Вид машиностроения	Удельная площадь f , м^2
1 Металлообрабатывающие и деревообрабатывающие станки, насосы, компрессоры, текстильные машины	18–25
2 Автостроение (грузовые автомобили грузоподъемностью 3,5–4,0 т):	
– сборка двигателя и коробки передач	18–20
– общая сборка автомобиля	26–28
3 Тракторостроение (гусеничные тракторы)	
– сборка двигателя	18–20
– общая сборка трактора	22–25
4 Дизелестроение (двигатели мощностью 5–40 л. с.)	32–35
5 Краностроение (тележки и механизмы передвижения)	35–40
6 Локомотивостроение (средних размеров)	60–65



Удельная площадь на одного слесаря-верстачника (без сборочных площадей) составляет 5–6 м².

4.18 Сборочное приспособление

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

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

В описании назначения и устройства приспособления указывается, для выполнения какой операции оно предназначено, где устанавливается, из каких узлов (деталей) состоит, как базируется в приспособлении деталь, как действует приспособление при закреплении (откреплении) детали. При описании используются позиции сборочного чертежа приспособления.

4.19 Контрольное приспособление

Раздел должен включать следующие подразделы:

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

В описании назначения и устройства приспособления указывается, для контроля каких параметров или расположения поверхностей сборочной единицы оно предназначено, из каких узлов (деталей) состоит.

Порядок выполнения измерений включает: описание способа установки измеряемой единицы в приспособлении или приспособления на сборочную единицу, порядок выполнения измерений и методику обработки результатов измерений.

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

Завершается раздел составлением технической характеристики приспособления.



4.20 Средства механизации и автоматизации

В расчетно-пояснительной записке этот раздел должен иметь конкретное название, например: «Роботизированный технологический комплекс».

Этот раздел включает в себя в общем случае следующие подразделы:

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

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

5 Охрана труда

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

Настоящий раздел выполняется по методическим указаниям кафедры «Безопасности жизнедеятельности».

Объем раздела не должен превышать 8–10 страниц.

6 Организационно-экономическое проектирование

Этот раздел состоит, как правило, из двух подразделов:

- организационная часть проекта;
- экономические расчеты.

Тему организационной части определяет консультант по организационно-экономическому проектированию. Экономические расчеты выполняются по методическим указаниям кафедры экономики.

7 Энерго- и ресурсосбережение

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

- применение сборочных станков и инструментов с минимальным потреблением электроэнергии;
- сокращение расходов материалов при сборке машин: минерального



масла, сжатого воздуха, пара, воды и др.;

– сокращение производственных площадей за счет концентрации операций;

– сокращение времени обкатки и испытания машин за счет применения методов математического моделирования. В общем случае экономия материальных ресурсов может быть определена по формуле

$$\Delta_m = C_6 - C_{\text{п}}, \quad (41)$$

где C_6 – стоимость всех материалов по базовому варианту;

$C_{\text{п}}$ – стоимость всех материалов по проектируемому варианту.

8 Заключение

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

9 Технологическая документация

После разработки технологического процесса сборки заполняют технологические документы, состав которых определяют ГОСТ 3.1119-83 и ГОСТ 3.1121-84. В дипломном проекте студенты оформляют следующие документы:

– маршрутную карту (МК), в которой даются описания операций сборки и указания сопутствующих операций (процессов) в технологической последовательности выполнения;

– операционные карты (ОК) для описания всех операций по переходам с указанием соответствующих технологических режимов.

Формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы (операции) сборки содержатся в ГОСТ 3.1407-86. Образцы маршрутной и операционной карт форм 1, 1а и 2, 2а и примеры их заполнения приведены в [2]. В таблице 7 указано содержание граф приведенных форм. При описании операций в приведенных формах запись информации следует выполнять в следующем порядке с привязкой к служебным символам: К/М, О, Т, Р для форм 1, 1а (с горизонтальным расположением поля подшивки).

Описание содержания переходов в операциях следует выполнять с привязкой к служебному символу «О» по всей длине строки с возможно-



стью переноса информации на последующие строки. Запись переходов и операций начинается с ключевых слов, перечень которых приведен в таблице 8.

Таблица 7 – Содержание граф операционных карт

Номер графы	Номер формы ОК	Наименование (условное обозначение графы)	Содержание графы
1	1, 1a	–	Обозначение служебного символа и порядковый номер строки. Запись выполняют на уровне одной строки, например КО6, МО4. Допускается при указании номера строки в пределах от 01 до 09 применять вместо знака «0» знак «Ø», например МØ4
2	1, 2	Код, наименование операции	Код операции по технологическому классификатору операций, наименование операции, допускается код операции не указывать
3	1, 2	Обозначение документа	Обозначение документов, применяемых при выполнении данной операции, например, технологическая инструкция. Состав документов следует указывать через разделительный знак «,»
4	1, 2	МИ	Масса изделия по конструкторскому документу
5	1	–	Резервная графа. Заполняется по усмотрению разработчика. Графу можно использовать для записи информации об оборудовании
6	1, 2	Код, наименование оборудования	Код, краткое наименование оборудования, его инвентарный номер. Информацию следует указывать через разделительный знак «,». Допускается указывать модель и не указывать инвентарный номер
7	1, 2	T_v	Вспомогательное время на операцию
8	1, 2	T_o	Основное время на операцию
9	1, 1a	Наименование детали, сборочной единицы или материала	Наименование деталей, сборочных единиц, материалов, применяемых для выполнения операции. Допускается вносить в графу информацию о толщине материала
10	1, 1a	Код, обозначение	Обозначение (код) деталей, сборочных единиц по конструкторскому документу или материала по классификатору
11	1, 1a	ОПП	Обозначение подразделения (склада, кладовой и т. п.), откуда поступают комплектующие детали, сборочные единицы или материалы; при разработке – куда поступают
12	1, 1a	ЕВ	Код единицы величины (массы, длины и т. п.) детали, заготовки, материала по классификатору СОЕИ. Допускается указывать единицы измерения величины
13	1, 1a	ЕН	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала, например, 1, 10, 100
14	1, 1a	КИ	Количество деталей, сборочных единиц, применяемых при сборке изделия; при разборке – получаемых
15	1, 1a	$N_{расх}$	Норма расхода материала

Таблица 8 – Ключевые слова и их условные коды по ГОСТ 3.1703-79

Условный код	Наименование ключевого слова	Условный код	Наименование ключевого слова
01	Балансировать	20	Притереть
02	Базировать	30	Пломбировать
05	Гнуть	19	Полировать
04	Гравировать	31	Разметить
03	Завить	21	Разрезать
06	Застегнуть	24	Развернуть
81	Закрепить	32	Развинтить
08	Запрессовать	25	Развальцевать
07	Зачистить	33	Распрессовать
12	Застопорить	34	Расшплинтовать
10	Зенковать	35	Разобрать
09	Калибровать	36	Распломбировать
14	Кернить	37	Расштифтовать
22	Контрить	29	Сверлить
18	Клепать	89	Смазать
23	Маркировать	39	Свинтить
13	Нарезать	40	Склеить
11	Навить	41	Собрать
26	Нанести	91	Установить
15	Опилить	38	Центровать
27	Отрубить	42	Шабрить
28	Очистить	43	Шплинтовать
16	Отрезать	44	Штифтовать
17	Править	45	Довести

Примечание – Ключевое слово записывается на первом месте в содержании перехода или операции. Например, «Опилить заготовку, выдерживая размеры 1 и 2»

Указание данных по технологической оснастке следует выполнять с привязкой к служебному символу «Т» в следующей последовательности: приспособления, вспомогательный инструмент, слесарный и слесарно-монтажный инструмент, режущий инструмент, специальный инструмент, средства измерений.

Запись выполняется по всей длине строки. Для внесения изменений следует оставлять незаполненными одну–две строки между информацией о комплектующих составных частях изделия и данных об основных и вспомогательных материалах, а также перед описанием содержания первого перехода. При подготовке форм 1 и 1а ОК допускается предусматривать в формах документов зоны для внесения графических иллюстраций к процессам и операциям. Зоны следует располагать в нижней части форм документов. Размеры зон устанавливает разработчик документов. Перечень сборочных операций регламентирован ГОСТ 3.1703-79, выдержки из которого приведены в таблицах 9 и 10.



Таблица 9 – Перечень сборочных операций по ГОСТ 3.1703-79

Наименование сборочных операций	Наименование сборочных операций
1 Сборка	13 Свинчивание
2 Базирование	14 Установка
3 Балансировка	15 Центровка
4 Застегивание	16 Штрихование
5 Закрепление	17 Шплинтование
6 Запрессовывание	18 Разборка
7 Клепка	19 Распрессовывание
8 Контровка	20 Расшплинтовывание
9 Маркирование	21 Расштифтовывание
10 Пломбирование	22 Распломбирование
11 Склеивание	23 Развинчивание
12 Стопорение	

Таблица 10 – Перечень слесарных операций по ГОСТ 3.1703-79

Наименование сборочных операций	Наименование сборочных операций
1 Слесарная	13 Отрезка
2 Гибка	14 Опиловочная
3 Гравировка	15 Очистка
4 Доводочная	16 Полирование
5 Зачистка	17 Правка
6 Зенковка	18 Разметка
7 Завивка	19 Разрезка
8 Калибровка	20 Развертывание
9 Керновка	21 Развальцовка
10 Нарезка	22 Сверлильная
11 Навивка	23 Смазывание
12 Отрубка	24 Шабровка

Примечания

- 1 Наименование операций следует записывать в документах в сокращенной или полной форме.
- 2 При применении сокращенной формы наименование операции следует записывать именем существительным в именительном падеже. Исключение составляют такие наименования операций, как «Слесарная», «Сверлильная» и т. п.
- 3 Полная запись наименования операции должна содержать сокращенную форму с указанием предметов производства, обрабатываемых поверхностей или конструктивных элементов, например, «Шабровка направляющих поверхностей», «Запрессовывание штифтов»



10 Обозначение (кодирование) чертежей в дипломном проекте

Общая структура обозначения представлена на рисунке 5.

ДПД.	000.	00.	00.	00.
Дипломный проект студента дневного отделения	Номер группы (091, 101)	Номер темы по приказу ректора	Номер чертежа	Номер детали (позиции)

Рисунок 5

Номера чертежей (предпоследняя группа цифр) присваивается в следующем порядке.

От 11 до 19 – чертежи операционных эскизов.

От 21 до 29 – сборочные чертежи приспособлений.

От 31 до 39 – сборочные чертежи контрольных приспособлений.

От 41 до 49 – чертежи инструментов.

От 51 до 59 – чертежи средств механизации и автоматизации.

От 61 до 69 – чертежи инструментальных наладок.

От 71 до 79 – чертежи сборочных единиц и узлов.

От 81 до 89 – чертежи плана участка.

От 91 до 99 – чертежи патентов.

При наличии в дипломном проекте чертежей, не вошедших в приведенный перечень, автор проекта присваивает им номера самостоятельно, используя следующие обозначения: 101...109, 111...119 и т. д.

Пример – Пример обозначения (кодирования) детали сборочного приспособления «Рычага» (поз. 17), спроектированного студентом группы ТМ-101. Тема дипломного проекта имеет № 15 в приказе ректора:

ДПД.101.15.21.17

Обозначения деталей сборочных единиц указываются в графе «Обозначение» спецификации. Стандартным деталям и сборочным единицам обозначения не присваиваются.

Обозначения чертежей указываются в графах 2 и 2б основных надписей. В графе основной надписи расчетно-пояснительной записки указывается номер сборочной единицы, на которую разрабатывается техпроцесс, с добавлением букв ПЗ. Например, ДПД.101.15.71.00 ПЗ.

Список литературы

- 1 Технология машиностроения. Курсовое и дипломное проектирование / М. Ф. Пашкевич [и др.]; под ред. М. Ф. Пашкевича. – Минск : Изд-во Гревцова, 2010. – 360 с.
- 2 Проектирование технологических процессов сборки машин / А. А. Жолобов [и др.] ; под ред. А. А. Жолобова. – Минск : Новое знание, 2005. – 410 с.
- 3 Проектирование технологических процессов в машиностроении / И. П. Филонов [и др.] ; под ред. И. П. Филонова. – Минск : Технопринт, 2003. – 540 с.
- 4 Технологическая оснастка / М. Ф. Пашкевич [и др.]. – Минск : Адукацыя і мастацтва, 2002. – 320 с.
- 5 **Горбацевич, А. Ф.** Курсовое проектирования по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – Минск : Выш. шк., 1983. – 256 с.
- 6 **Горошкин, А. К.** Приспособление для металлорежущих станков : справочник / А. К. Горошкин. – М. : Машиностроение, 1979. – 303 с.
- 7 Дипломное проектирование по технологии машиностроения / Под ред. В. В. Бабука. – Минск : Выш. шк., 1979. – 464 с.
- 8 **Жолобов, А. А.** Технология автоматизированного производства / А. А. Жолобов. – Минск : Дизайн ПРО, 2000. – 624 с.
- 9 **Козырев, Ю. Г.** Промышленные роботы : справочник / Ю. Г. Козырев. – М. : Машиностроение, 1988. – 376 с.
- 10 **Мамаев, В. С.** Основа проектирования машиностроительных заводов / В. С. Мамаев, Е. Г. Осипов. – М. : Машиностроение, 1974. – 318 с.
- 11 Общемашиностроительные нормативы времени на слесарно-сборочные и слесарные работы по сборке машин. Массовое и крупносерийное производство. – М. : Машиностроение, 1973. – 404 с.
- 12 Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку деталей и слесарно-сборочные работы по сборке машин. Мелкосерийное и единичное производство. – М. : Машиностроение, 1974. – 386 с.
- 13 Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку и слесарно-сборочные работы по сборке машин. Серийное производство. – М. : Машиностроение, 1986. – 420 с.
- 14 **Гусев, А. А.** Основные принципы построения сборочных производственных систем / А. А. Гусев. – М. : Машиностроение, 1988. – 286 с.
- 15 Научные основы автоматизации сборки машин / Под ред. М. П. Новикова. – М. : Машиностроение, 1976. – 280 с.
- 16 **Новиков, М. П.** Основы технологии сборки машин и механизмов / М. П. Новиков. – М. : Машиностроение, 1980. – 464 с.
- 17 Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – Т. 1. – 656 с.
- 18 Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / Под ред. А. Г. Ко-



силовой, Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – Т. 2. – 496 с.

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

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



Приложение А (рекомендуемое)

Примерное содержание расчетно-пояснительной записки

Введение

1 Исходные данные для разработки проекта.

1.1 Исходные данные.

1.2 Определение типа производства и организационной формы сборки.

2 Спецвопрос (наименование вопроса).

2.1 Состояние вопроса.

2.2 Выводы.

3 Технологическое проектирование.

3.1 Назначение и конструкция сборочной единицы.

3.2 Анализ технологичности сборочной единицы.

3.3 Анализ базового техпроцесса сборки.

3.4 Выбор методов достижения точности.

3.5 Построение и расчет размерных цепей.

3.6 Схема сборки. Принятый техпроцесс сборки.

3.7 Расчет зазоров и натягов.

3.8 Расчет режимов сборки соединений с натягом.

3.9 Расчет режимов сборки соединения.

3.10 Техническое нормирование.

3.11 Автоматизированное проектирование.

3.12 Планировка участка.

3.13 Расчет численности работающих.

3.14 Расчет площади участка.

4 Конструирование и расчет приспособлений и инструментов.

4.1 Сборочное приспособление (конкретное название приспособления).

4.2 Контрольное приспособление (конкретное название).

4.3 Средства механизации и автоматизации (конкретное название).

5 Охрана труда.

6 Организационно-экономическое проектирование.

7 Энерго- и ресурсосбережение.

Заключение.

Список литературы.

Приложение.

