



**С. В. Ковалевский, А. Г. Косенко, С. Г. Онищук,  
Ю. Б. Борисенко, В. С. Медведев, Д. П. Шистко**

## **ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ И СБОРКИ МАШИН**

**Министерство образования и науки Украины  
Донбасская государственная машиностроительная академия**

**С. В. Ковалевский, А. Г. Косенко, С. Г. Онищук,  
Ю. Б. Борисенко, В. С. Медведев, Д. П. Шистко**

## **ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ И СБОРКИ МАШИН**

**Учебное пособие к практическим занятиям  
и курсовому проектированию**

Переутверждено  
на заседании ученого совета  
факультета техники и менеджмента  
Протокол №6-02/12 от 27.02.2012

Утверждено  
на заседании  
методического совета ДГМА  
Протокол № 4 от 29.12.2009

Краматорск 2010

**УДК 621.002**

**ББК 34.5**

**Т 43**

**Рецензенты:**

**Гусев В. В.**, профессор, д-р техн. наук, Донецкий национальный технический университет;

**Колот А. В.**, д-р техн. наук, зам. ген. директора ЗАО «МИНЭТЭК», г. Краматорск.

Посібник містить теоретичні і довідкові відомості, необхідні для проведення практичних занять з дисципліни «Технологія обробки типових деталей і складання машин». Наведені структура, об'єм курсового проекту, методика визначення типу виробництва, операційних припусків, нормування операцій технологічного процесу, розробки технологічного оснащення, а також оформлення технологічної документації. Посібник призначений для студентів, що навчаються за фахом «Технологія машинобудування».

**Ковалевский, С. В.**

**Т 43** Технология обработки типовых деталей и сборки машин : учебное пособие к практическим занятиям и курсовому проектированию / С. В. Ковалевский, А. Г. Косенко, С. Г. Онищук [и др.] – Краматорск : ДГМА, 2010. – 92 с.

**ISBN 978-966-379-384-9**

Пособие содержит теоретические и справочные сведения, необходимые для проведения практических занятий по дисциплине «Технология обработки типовых деталей и сборки машин». Даны структура, объем курсового проекта, методика определения типа производства, операционных припусков, нормирования операций технологического процесса; разработки технологической оснастки, а также оформление технологической документации. Пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности «Технология машиностроения».

**УДК 621.002**

**ББК 34.5**

**ISBN 978-966-379-384-9**

© С. В. Ковалевский, А. Г. Косенко,  
С. Г. Онищук, Ю. Б. Борисенко,  
В. С. Медведев, Д. П. Шистко, 2010  
© ДГМА, 2010

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ .....	6
1.1 Общие сведения .....	6
1.1.1 Изучение служебного назначения и анализ конструкции детали .....	7
1.1.2 Отработка конструкции изделия на технологичность .....	7
1.1.3 Выбор способа получения заготовки .....	8
1.1.4 Составление технологического маршрута обработки .....	9
1.1.5 Выбор оборудования и техоснащения .....	11
1.1.6 Выбор режущего инструмента .....	12
1.1.7 Определение режимов резания и нормирование .....	13
1.1.8 Оформление технологической документации .....	14
2 КУРСОВОЙ ПРОЕКТ .....	16
2.1 Задачи, тематика и организация курсового проектирования ....	16
2.1.1 Цель и задачи курсового проектирования .....	16
2.1.2 Тематика и задание на курсовое проектирование .....	17
2.1.3 Исходные данные для выполнения курсового проекта .....	18
2.1.4 Обоснование принимаемых решений .....	19
2.1.5 Структура и объем курсового проекта .....	20
2.1.6 Требования к выполнению расчетно-пояснительной записки и графической части проекта .....	21
2.1.7 Подготовка к защите и защита курсового проекта .....	24
2.2 Содержание и последовательность выполнения курсового проекта .....	26
2.2.1 Введение .....	26
2.2.2 Изучение служебного назначения и конструкции объекта проектирования .....	26
2.2.3 Анализ технологичности объекта проектирования .....	27
2.2.4 Анализ маркетинговых исследований на базовом предприятии .....	31
2.2.5 Анализ базовых технологических процессов механообработки .....	33
2.2.6 Определение программы выпуска изделий, типа производства и его организационной формы .....	34
2.2.7 Разработка технологической схемы и технологии сборки. Точностные расчеты детали и узла (изделия) .....	38
2.2.8 Выбор вида и способа получения заготовки .....	40
2.2.9 Обоснование выбора оборудования, станочных и контрольных приспособлений, режущих и вспомогательных инструментов, средств механизации и автоматизации .....	41
2.2.10 Составление маршрута изготовления и предварительная разработка операций .....	43
2.2.11 Определение припусков, операционных размеров и размеров исходной заготовки, выполнение чертежа заготовки .....	45
2.2.12 Разработка операций технологического процесса .....	48

2.2.13 Определение режимов резания и техническое нормирование операций . . . . .	49
2.2.14 Разработка технологических карт наладок на технологические операции . . . . .	52
2.2.15 Техничко-экономическое обоснование варианта технологического процесса . . . . .	53
2.2.15.1 Технологическая себестоимость . . . . .	54
2.2.15.2 Срок окупаемости капитальных вложений . . . . .	57
2.2.15.3 Производительность труда . . . . .	57
2.2.16 Проектирование станочных приспособлений . . . . .	57
2.2.17 Проектирование контрольно-измерительных приспособлений . . . . .	61
2.2.18 Разработка средств механизации и автоматизации технологического процесса . . . . .	62
2.2.19 Специальная научно-исследовательская часть проекта . . . . .	63
2.2.20 Разработка требований техники безопасности, эргономики и экологии . . . . .	64
2.2.21 Выводы . . . . .	65
2.2.22 Оформление материалов курсового проекта . . . . .	65
2.2.22.1 Порядок составления расчетно-пояснительной записки . . .	65
2.2.22.2 Оформление графической части проекта . . . . .	66
2.2.22.3 Оформление технологической документации . . . . .	66
Перечень рекомендуемых источников . . . . .	68
Приложение А. Правила записи операций и переходов (по ГОСТ 3.1702-79). . . . .	71
Приложение Б. Бланк задания на курсовой проект . . . . .	83
Приложение В. Определение коэффициента закрепления операций Кзо . . . . .	86
Приложение Г. Анализ базового технологического процесса изготовления детали . . . . .	86
Приложение Д. Таблица расчета припусков . . . . .	86
Приложение Е. Расчет технологической себестоимости . . . . .	87
Приложение Ж. Образец оформления технологической документации . . . . .	89

## **ВВЕДЕНИЕ**

В учебном пособии представлены теоретические и справочные материалы для проведения практических занятий, относящихся к модулю № 1 дисциплины. При выполнении практических занятий разрабатываются технологические процессы обработки типовых деталей машин – корпусных деталей, деталей типа «тел вращения», зубчатых колес.

Целью практических занятий является формирование у студентов навыков разработки маршрутно-операционного технологического процесса обработки типовых деталей машин – корпусных деталей, деталей типа «тел вращения», зубчатых колес для условий серийного производства.

Курсовой проект по дисциплине «Технология обработки типовых деталей и сборки машин» предусмотрен учебными планами подготовки специалистов и магистров специальности 7.090202, 8.090202 и является одним из важнейших этапов подготовки молодых специалистов.

Цель курсового проектирования – приобретение практических навыков самостоятельного проектирования технологических процессов сборки изделий, механической обработки деталей, технологической оснастки, средств механизации и автоматизации.

# 1 ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

**Цель занятия** – формирование навыков разработки маршрутно-операционного технологического процесса обработки типовых деталей машин – корпусных деталей, деталей типа «тел вращения», зубчатых колес.

## 1.1 Общие сведения

Разработку технологических процессов начинают с изучения и технологического контроля исходных данных (чертежей, описаний, технических условий и другой конструкторской документации), а также программных заданий на выпуск изделия [1]. По этим материалам изучают назначение и конструкцию изделия, его технические характеристики, требования к качеству, сроками его изготовления и условиями эксплуатации.

Дальнейшая работа состоит из следующих основных этапов [2, 3]:

1 Определяют возможный тип производства (единичное, серийное или массовое).

2 С учетом установленного типа производства анализируют технологичность конструкции изделия и разрабатывают методы по ее повышению. Отработку изделия на технологичность считают обязательным этапом технологического проектирования.

3 Выбирают, а потом подтверждают соответствующими расчетами наиболее технологический и экономический метод получения заготовки.

4 Подбирают эффективные способы и последовательность обработки поверхностей, назначают технологические базы.

5 Составляют технологический маршрут обработки детали. Для каждой операции предварительно подбирают оборудование и технологическую оснастку, определяют величину припусков на обрабатываемые поверхности.

6 Уточняют структуру и степень концентрации операций: устанавливают содержание и последовательность выполнения всех переходов.

7 Для каждой операции окончательно выбирают режущий, вспомогательный, контрольно-измерительный инструмент и приспособления.

8 Устанавливают необходимые режимы резания и настроечные размеры, а также рассчитывают составляющие силы и моменты сил резания.

9 Проверяют соответствие выбранного оборудования по мощности приводов, прочности его механизмов и степени загрузки.

10 Выполняют аналитические расчеты прогнозируемой точности обработки и шероховатости функциональных поверхностей.

11 Проводят техническое нормирование операций, устанавливают квалификацию исполнителей, определяют экономичность и эффективность спроектированного технологического процесса.

12 Разрабатывают комплект необходимой технической документации.

В процессе разработки технологических процессов для конкретных деталей объем всего комплекса проектных работ и содержание отдельных этапов могут уточняться и изменяться. Несколько взаимосвязанных этапов могут объединяться в один общий, может меняться последовательность их выполнения.

### ***1.1.1 Изучение служебного назначения и анализ конструкции детали***

Изучение служебного назначения и условий работы детали в узле, агрегате позволит выполнить качественный и количественный анализы соответствия норм точности служебному назначению детали.

Последовательно анализируются размеры детали, точность формы поверхностей, точность их взаимного расположения (отклонение от параллельности, отклонение от перпендикулярности, отклонение от соосности и др.) и шероховатость поверхностей.

Анализ точности формы и размеров основных базовых и рабочих поверхностей дает основания составить представление о методах окончательной обработки и количестве операций для получения деталей с нужными по рабочему чертежу точностными параметрами.

Необходимо также проанализировать вспомогательные поверхности детали, в том числе и обязательные: канавки для выхода резьбового резца или шлифовального круга, фаски, галтели и др.

Анализ системы простановки линейных координирующих размеров позволит выявить конструкторские базы и предварительно наметить последовательность обработки основных поверхностей.

Дальше необходимо изучить материал детали, его физико-механические свойства, характер термической обработки. Это послужит основанием для правильного решения вопроса о методах обработки, разделения технологического процесса на этапы, способах выполнения чистовых, отделочных и упрочняющих операций.

### ***1.1.2 Отработки конструкции изделия на технологичность***

Любой технологический процесс разрабатывают при подготовке производства изделий, конструкции которых отработаны на технологичность (ГОСТ 14.301–83\*). Отработка конструкции изделия на технологичность направлена на повышение производительности труда, снижения расходов и сокращения времени на проектирование, технологическую подготовку производства, изготовление, техническое обслуживание и ремонт изделия при обеспечении необходимого качества изделия (ГОСТ 14.201–83\*).



Показатели технологичности и методики обработки изделий и их составляющих частей на технологичность детально рассмотрены в [7]. С их помощью осуществляют технологический контроль чертежей, технических условий и другой конструкторской документации для конкретных производственных условий – типа производства и принятой формы организации труда.

Цель технологического контроля – улучшить технологичность конструкции изделий, например, к минимуму сократить размеры обрабатываемых поверхностей; для многоинструментальной обработки на интенсивных режимах резания повысить жесткость конструкции; для сокращения номенклатуры используемого инструмента унифицировать размеры пазов, канавок, фасок, переходных поверхностей, отверстий и других элементов; обеспечить надежное и удобное базирование заготовок с возможностью сочетания конструкторских, технологических и измерительных баз и др.

Одновременно проверяют достаточность видов проекций, разрезов и пересечений на рабочих чертежах, а также достаточность и правильность простановки размеров. Анализируют обоснованность требований к точности размеров и шероховатости функциональных и других поверхностей. Очень часто конструкторы завышают требования к точности размеров и занижают шероховатость поверхностей детали, которая регламентируется, что осложняет технологический процесс ее изготовления.

### ***1.1.3 Выбор способа получения заготовки***

Способ получения заготовки определяется следующими факторами [5]:

- технологической характеристикой материала, его физико-механическими и физико-химическими свойствами, способностью термообрабатываться, пластично деформироваться, его литейной способностью и др.;
- конструктивными формами и размерами детали (и заготовки);
- требованиями к точности выполнения размеров заготовки, к шероховатости поверхностей и к качеству поверхностных слоев;
- объемом программы выпуска и сроками ее выполнения;
- техническими возможностями заготовительных цехов, в частности сроками изготовления технологического оснащения (штампов, моделей, пресс-форм и др.);
- наличием оборудования и желаемой степенью механизации и автоматизации процессов механической обработки;
- соображениями экономического характера и другими факторами.

Считают, что выбранный способ должен обеспечить получение такой заготовки, которая позволила бы изготовить деталь (включая расходы на материал, полный цикл механической, термической и другой обработки, а также все другие расходы) с наименьшей себестоимостью.

Заготовки вычерчивают с необходимым количеством проекций, разрезов и сечений, обычно в том же масштабе, в котором выполнен чертеж соответствующей детали. На каждую обрабатываемую поверхность устанавливают допуск, который принимают по таблицам, которые содержатся в государственных стандартах или справочниках. Номинальные размеры заготовок получают суммированием (для отверстий вычитанием) номинальных размеров деталей с величиной принятого допуска. Предельные отклонения (или допуски) размеров устанавливают исходя из достигаемой (экономической) точности получения заготовки принятым способом.

На чертежах заготовок обычно указывают основные технические требования: твердость материала; состояние поверхностного слоя и способы устранения дефектов поверхностей; методы и степень очистки; допустимые погрешности формы и расположения поверхностей; номинальные значения и предельные отклонения технологических уклонов, радиусов и переходов; методы предыдущей обработки (обдирка, обрезание, правка, центрирование) и ее качество; поверхности, которые принимаются за базы на первых механических операциях; способы контроля и др.

#### ***1.1.4 Составление технологического маршрута обработки***

Главные задачи, которые решаются при составлении маршрута изготовления детали, – определение содержания каждой технологической операции и составление общего плана (последовательности) выполнения. Одновременно выбирают типы оборудования, назначают допуски на обработку и др. От логичности порядка выполнения операций во многом зависят и качество, и производительность, и экономичность обработки детали. В общем случае последовательность технологических операций устанавливают, пользуясь следующими методическими рекомендациями [2, 3, 4]:

- сначала обрабатывают поверхности, которые служат в дальнейшем технологическими базами;
- потом обрабатывают те поверхности, с которых снимается наибольший слой металла, что позволяет своевременно обнаружить и устранить внутренние дефекты, не допуская последующей обработки бракованных заготовок;
- обработку остальных поверхностей ведут в последовательности, обратной степени их точности;
- заканчивают обработку теми поверхностями, которые являются наиболее точными и наиболее важными для нормального функционирования детали;
- обработку легкоповреждаемых поверхностей (например, наружной резьбы) рекомендуется выносить в конец маршрута;
- вспомогательные операции (сверление мелких отверстий, прорезание канавок и галтелей, снятие фасок, зачистка заусенцев и т.п.) выполняют на стадии чистовой обработки;

- отделочные операции, такие как шлифование, хонингование, притирка и др., выполняют в последнюю очередь, обычно после термической, химико-термической и других немеханических операций, которые делают, как правило, весь технологический процесс на части;

- технический контроль проводят после тех операций, на которых возможно повышение брака, после сложных дорогих операций, после законченного цикла, а также по окончании изготовления детали.

*Выбор технологических баз* – это важный этап разработки любого технологического процесса. Исходными данными в этом случае является чертеж и технические условия на изготовление детали и заготовки. Следует четко представлять общий план обработки заготовки.

В зависимости от конструкции обрабатываемой детали возможны разные варианты базирования, например:

- простые детали полностью обрабатывают за одну или несколько операций с одного установа на автоматах, агрегатных станках или в приспособлениях-спутниках на автоматических линиях. Заготовку часто базируют по необработанным поверхностям;

- детали обрабатывают за несколько установов (возможно на разных станках). При выполнении большей части операций выдерживается принцип постоянства баз, то есть заготовку базируют на одни и те же предварительно обработанные поверхности. Обеспечивается однотипность приспособлений и схем установки;

- сложные детали повышенной точности обрабатывают с соблюдением принципа постоянства баз. Перед завершающим этапом технологического процесса, то есть отделочной обработкой, поверхности, используемые как базы, подвергают повторной (отделочной) обработке;

- принцип постоянства баз не выдерживается. Заготовку базируют на разные последовательно изменяемые обработанные поверхности. Для отдельных операций применяют одновременное базирование по обработанным и необработанным поверхностям. Такой вариант обработки требует повышенного внимания и приводит к необходимости пересчета конструкторских размеров. Иначе несоблюдение принципа постоянства баз приводит к возникновению или увеличению погрешностей расположения поверхности, которые снижают точность обработки;

- обработка деталей с последовательным (многократным) изменением одних и тех же баз (например, при последовательном черновом и чистовом шлифовании на магнитной плите с последовательным переворачиванием заготовки).

В условиях единичного и мелкосерийного производства положение заготовки на станке определяют с помощью разметки и выверки, а для закрепления широко применяют ручные механические зажимы.

В серийном и массовом производстве в основном пользуются заранее установленными технологическими базами. Поверхность, относительно которой ведется настройка, особенно эффективно используют в каче-

стве базу при многоинструментальной обработке на станках-автоматах и полуавтоматах, на автоматических линиях и станках с ЧПУ.

Для закрепления заготовок здесь чаще применяют пневматические, гидравлические и другие высокопродуктивные зажимные устройства, которые обеспечивают надежное закрепление заготовок с постоянными силами.

Во всех случаях стремятся совместить технологические базы с конструкторскими и измерительными, что позволяет исключить погрешность базирования и выполнять размеры с использованием всего поля допуска, установленного конструктором.

Технологические базы назначают на стадии проработки вариантов выполнения технологической операции, то есть на этапе предварительного рассмотрения и сравнения между собой возможных способов обработки поверхностей заготовки, а также ориентировочного выбора оборудования и оснащения, необходимых для реализации этих способов.

При составлении маршрута обработки заготовки по отдельным операциям устанавливают также тип станков и другого технологического оборудования, их характеристики, размеры и модели уточняют и корректируют при детальной проработке технологических операций.

Запись содержания операций следует выполнять в форме маршрутного описания по ГОСТ 3.1702–79 (приложение А).

### ***1.1.5 Выбор оборудования и техоснащения***

Тип оборудования (станка) и станочного приспособления окончательно устанавливают при проектировании операции. Они должны обеспечивать: заданные точность обработки, качество поверхностей изготавливаемой детали и другие технические требования к ней; производительность обработки, что позволяет выполнить программу выпуска в условиях принятого типа производства (в поточном производстве с учетом такта выпуска); наименьшую технологическую себестоимость детали, то есть максимальную экономичность и эффективность. При окончательном выборе станка учитывают [6]:

- соответствие главного параметра станка, который в наибольшей степени обнаруживает его технические возможности, размерам обрабатываемых заготовок или нескольких одновременно обрабатываемых заготовок;
- соответствие производительности станка числу деталей, которые подлежат изготовлению в заданный период времени;
- возможность работы на оптимальных режимах резания, при котором загрузка станка по мощности должна быть не меньше 80 %, а по времени работы 60...90%;
- время изготовления детали или партии деталей и их себестоимость должны быть минимальными;

- наличие оборудования в цехе или реальную возможность его приобретения по минимальной цене.

При высокой степени концентрации операции выбирают многосуппортные или многошпиндельные станки. Решающим фактором при выборе того или другого станка является экономичность процесса обработки, которая определяется по отношениям основных времен, штучных времен и приведенных затрат на выполнение работ разными методами. Лучшим вариантом считают тот, значения показателей которого минимальны.

Выбор технологического оснащения – станочных и контрольных приспособлений, вспомогательного инструмента и др. – во многом определяется типом производства. В условиях единичного и мелкосерийного производства пользуются преимущественно универсальными стандартными приспособлениями (машинными тисками, самоцентрирующими патронами и др.), а также универсально-сборными приспособлениями (УСП). В условиях мелкосерийного и серийного производства, кроме УСП, применяются сборно-разборные приспособления (СРП) и универсально-наладочные приспособления (УНП), которые позволяют быстро перестраиваться на обработку партии других деталей. В крупносерийном и массовом производстве оправдывают себя дорогие механизированные и автоматизированные специальные приспособления с быстродействующими приводными системами, которые обеспечивают высокую точность и производительность.

### ***1.1.6 Выбор режущего инструмента***

При выборе режущего инструмента для выполнения каждой проектируемой операции руководствуются, прежде всего, тем, что инструмент должен обеспечивать необходимую точность и качество обработанных поверхностей, а также необходимую производительность и рентабельность.

Применение того или другого инструмента определяется следующими факторами: методом обработки поверхности, типом станка и технологического оснащения, конфигурацией и размерами заготовки, свойствами обрабатываемого материала, типом и уровнем организации производства и др. В единичном и серийном производстве преимущество отдают более дешевому универсальному инструменту; в крупносерийном и массовом широко используют дорогой, но более производительный специальный инструмент, который изготавливается в инструментальном цехе предприятия.

В реальных условиях считаются с наличием или возможностью приобретения необходимого (соответствующего) инструмента.

Сведения о выбранном для выполнения операции инструменте заносят в технологические карты, указывают наименование, характеристику и номер стандарта инструмента, а также материал его режущей части [6].

### **1.1.7 Определение режимов резания и нормирование**

Технической нормой времени является время, которое устанавливается для выполнения определенной работы (операции), исходя из применения прогрессивных методов труда, полного использования производственных возможностей (оборудования, площадей) и учета передового опыта новаторов производства.

Перед нормированием технологических операций необходимо определить режимы резания [6].

Порядок выбора режимов резания приводится ниже.

1 Уточняется марка инструментального материала.

2 В соответствии с установленным допуском на данный переход, жесткостью детали и условиями резания назначается глубина резания  $t$  мм и число ходов  $i$ . Следует назначать максимальную глубину резания при обеспечении заданной точности на операцию. В ряде случаев (при обдирке, черновой обработке или нежесткой детали) снятие допуска осуществляется за два или несколько рабочих ходов.

3 Учитывая шероховатость обрабатываемой поверхности детали, выбирается с помощью справочных таблиц величина подачи  $S$ , мм/об (мм/зуб).

Следует отметить, что при обдирке и черновой обработке факторами при выборе подачи является жесткость и прочность технологической системы и мощность станка.

4 По установленным величинам  $t$  и  $S$  для данного материала детали режущего инструмента и принятой величины стойкости резца  $T$  с учетом поправочных коэффициентов по справочнику режимов резания определяется скорость резания  $V$ .

5 По найденной скорости резания  $V$  рассчитывается частота вращения шпинделя  $n$ , а затем по паспорту станка подбираются ближайшая подача и частота вращения.

6 По выбранной частоте вращения рассчитывается действительная скорость резания.

7 Для наиболее напряженного перехода проверяется соответствие принятого режима резания ( $t$ ,  $S$ ,  $V$ ) мощности электродвигателя станка. Мощность электродвигателя станка должна быть на 10–20% больше нужной мощности.

Величина основного времени рассчитывается для каждого перехода по соответствующим формулам данного вида обработки.

### **1.1.8 Оформление технологической документации**

Для оформления разработанных технологических процессов в зависимости от типа и характеру производства (ГОСТ 3.1102–81) применяются

следующие виды технологических документов общего и специального назначения (см. приложение Ж):

а) маршрутная карта – документ, который содержит описание технологического процесса изготовления изделия, включая контроль и перемещение по всем операциям различных видов в технологической последовательности с указанием данных об оборудовании, оснащении, материальных и трудовых нормативах;

б) операционная карта – документ, который содержит описание технологической операции с указанием переходов, режимов обработки и данных о средствах технологического оснащения;

в) карта эскизов – документ, который содержит эскизы, схемы и таблицы, необходимые для выполнения технологического процесса, операции или перехода изготовления изделия, включая контроль и перемещение. Оформление карт эскизов по ГОСТу 3.1105–86.

Маршрутная карта является обязательным документом, и ее заполнение должно осуществляться в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1404–86 и ГОСТ 3.1118–82.

Номера операций и переходов следует нумеровать арабскими цифрами. Рекомендуется нумеровать операции в технологической последовательности через пять, например, 005, 015..., 100. Переходы следует нумеровать в технологической последовательности: 001, 002, 003 и т.д.

Операционные карты механической обработки составляются по формам 1 и 1а, а их графы заполняют в соответствии с ГОСТ 3.1404–86 и ГОСТ 3.1118–82. Графы, которые имеют в своем содержании номера цеха и участка, можно не заполнять.

### **Порядок выполнения работы**

- 1 Получить индивидуальное задание у преподавателя.
- 2 Определить назначение детали, описать конструкцию, отработать конструкцию детали на технологичность (качественный анализ). Выбрать способ получения заготовки. Выполнить эскиз заготовки.
- 3 Разработать маршрут обработки детали и оформить его по ГОСТ 3.1118–82.
- 4 Назначить режимы обработки, выполнить техническое нормирование и оформить операционный технологический процесс на 2–3 операции (по согласованию с преподавателем). Оформить карты эскизов.

### **Задание к самостоятельной работе**

Самостоятельная работа выполняется по индивидуальному чертежу детали, которая выдается в начале учебного триместра. В самостоятельной работе необходимо выполнить анализ служебного назначения, отработки на технологичность, выбор заготовки; разработать схемы базирования, сформировать маршрутно-операционный технологический процесс обра-

ботки детали (рычага, вилки).

### **Контрольные вопросы**

- 1 Дайте определение принципа сочетания и принципа постоянства баз; черновых и чистовых баз.
- 2 Какая особенность обработки деталей на станках с ЧПУ?
- 3 Какая особенность применения принципов концентрации и дифференциации операций при разработке технологических процессов?
- 4 Как разрабатываются технологические процессы для условий серийного производства?
- 5 Как заполняется технологическая документация?



## **2 КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

### **2.1 Задачи, тематика и организация курсового проектирования**

#### ***2.1.1 Цель и задачи курсового проектирования***

Курсовой проект по дисциплине «Технология обработки типовых деталей и сборки машин» предусмотрен учебными планами подготовки специалистов и магистров специальности 7.090202, 8.090202 и является одним из важнейших этапов подготовки молодых специалистов.

Цель курсового проектирования – приобретение практических навыков самостоятельного проектирования технологических процессов сборки изделий, механической обработки деталей, технологической оснастки, средств механизации и автоматизации [8].

Для достижения поставленной цели студент должен решить следующие задачи:

- закрепить, углубить и обобщить знания, полученные во время лекций, лабораторных работ практических занятий и производственной практики;
- научиться самостоятельно анализировать методы получения заготовок, технологические операции, технологичность детали, конструкции станочных и контрольных приспособлений;
- развить умение давать технико-экономическую оценку различным технологическим и конструктивным решениям, принимаемым при выполнении курсового проекта;
- приобрести навыки использования справочной литературы, ГОСТов, методик расчетов типовых конструкций и составления расчетно-пояснительной записки;
- приобщиться к рационализации, изобретательству, научно-исследовательскому и патентному поиску, направленным на разработку оптимального технологического процесса;
- научиться правильно организовать время для самостоятельной ритмичной работы.

Курсовой проект является самостоятельной работой студента, поэтому успешное его выполнение в большой степени зависит от инициативы, самостоятельности, умения обосновывать принятые решения и организованности в работе. Курсовой проект по технологии машиностроения является подготовительным этапом перед выполнением более сложной, завершающей инженерную подготовку студента задачи - курсовым проектированием.

Поэтому при курсовом проектировании особое внимание уделяется самостоятельной творческой работе студентов, в целях развития их инициативы и стремления разработать более совершенный технологический процесс, более производительную технологическую оснастку на основе

критического подхода к действующим на предприятиях, изученным во время производственной практики. Во время работы над курсовым проектом студент должен проявить свои способности в использовании всех полученных в академии знаний следующих курсов: информатика; сопротивление материалов; материаловедение; взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения; теория резания; теоретические основы технологии производства деталей и сборки машин; оборудование и транспорт механообрабатывающих цехов; детали машин; технология обработки типовых деталей и сборки машин; технологические методы производства заготовок деталей машин; технологическая оснастка и др.

При разработке технологических процессов следует опираться на прогрессивные методы проектирования, типизацию технологических процессов, групповые методы обработки, применение ЭВМ, САПР ТП, позволяющие резко сократить трудоемкость проектирования и выбрать наиболее оптимальный вариант.

### ***2.1.2 Тематика и задание на курсовое проектирование***

Тематика курсового проектирования должна, прежде всего, предусматривать решение реальных производственных задач, состоящих перед машиностроительными заводами, в частности, разработку оптимальных технологических процессов, позволяющих изготовить изделие требуемой точности при минимальной себестоимости и высокой производительности.

Тематика курсового проекта обычно формируется выпускающей кафедрой на фактических материалах конкретных машиностроительных предприятий, где проводится конструкторско-технологическая практика студентов.

Темой курсового проекта, как правило, предусматривается проектирование технологии производства одного узла (сборочной единицы) с числом деталей 15–20 штук и разработка технологического процесса механической обработки одной сложной или двух более простых деталей, входящих в эту сборочную единицу и содержащих не менее 12–15 операций механической обработки или позиций. Тема проекта в данном случае формулируется в следующем виде:

1. Разработать технологический процесс изготовления шестеренного насоса (наименование насоса и изделия).
2. Разработать технологический процесс изготовления червячного редуктора (наименование редуктора или изделия).

В качестве базового варианта проекта используется технология и оснащение действующего производства. Материалы должны быть детально проанализированы студентом во время практики и намечены мероприятия по его совершенствованию.

Формирование тематики на базе реально действующего производства позволяет студенту изучить передовой опыт машиностроительных заводов в

рассматриваемой области и использовать его при выполнении проекта.

Тематика проектов для студентов заочной формы обучения, не проходящих практики на заводах, определяется руководителем проекта.

В отдельных случаях при решении актуальных задач производства, по заявкам предприятий или инициативе кафедры, студенту может быть выдана тема курсового проекта, направленная на разработку и внедрение в производство принципиально новых решений в области технологии механической обработки. Выполнение этого проекта налагает особую ответственность на студента. Объем и содержание этого проекта могут существенно отличаться от типового учебного проекта. В этом случае из проекта могут быть исключены разработки по технологии сборки.

Темы курсовых проектов могут быть индивидуальными или комплексными. Комплексная тема выполняется группой студентов из двух-трех человек, при обязательном делении между ними объема выполняемых работ.

В качестве объекта обработки или сборки наиболее целесообразно выбирать типовые детали, сборочные единицы или узлы средней сложности, обеспечивающие студенту возможность показать свои знания и умения в решении узловых и принципиальных задач проектирования технологии и конструкторской разработки средств оснащения технологических процессов.

Детали, выбранные в качестве объектов для курсового проектирования, должны содержать 20...25 операций или позиций механической обработки, разнообразные поверхности и конструктивные решения.

Тема проекта может носить научно-исследовательский характер. В задачи такого проекта входит решение технологических вопросов, тесно связанных с технологией изготовления изделия. Объем и содержание исследовательской части устанавливается в индивидуальном порядке, однако основную часть проекта должны составлять технологические разработки, основой для проведения исследований должен служить базовый вариант действующего на предприятии технологического процесса.

Задание на курсовое проектирование выдается индивидуально каждому студенту и оформляется на специальном бланке (приложение Б).

### ***2.1.3 Исходные данные для выполнения курсового проекта***

Для разработки технологического процесса сборки и механической обработки необходимы следующие данные:

- рабочий чертеж узла детали с соответствующими техническими условиями. При проектировании типовых или групповых технологических процессов необходимы рабочие чертежи деталей тех наименований, которые образуют тип или группу деталей;
- объем выпуска изделий, комплектность и сроки выполнения про-

граммного задания;

- чертежи станочных, сборочных и контрольных приспособлений;
- технологические карты сборки с нормами времени и операционными эскизами;
- технологические карты обработки детали с режимами, нормами и операционными эскизами;
- каталоги станков при разработке технологического процесса для нового предприятия или паспортные данные имеющегося оборудования, когда процесс проектируется для действующего предприятия;
- чертеж заготовки (если заготовка спроектирована до разработки технологического процесса);
- ГОСТы и нормалы (отраслевые стандарты) для выбора припусков и допусков, режимов резания, норм времени и т.п.;
- технологический классификатор объектов производства и классификатор технологических операций;
- типовые технологические процессы или проверенные практикой технологические процессы, аналогичные заданному процессу, выполняемые на данном или родственном предприятии.

#### ***2.1.4 Обоснование принимаемых решений***

В ходе проектирования должна быть решена важнейшая задача выбора оптимальных решений при разработке технологии изготовления деталей. Под оптимизацией решений следует понимать [8]:

- анализ вариантов возможных решений с позиций выбранных критериев и требований и обоснование, таким образом, наилучшего решения;
- поиск экстремальных значений критериев оптимальности и соответствующих им величин, характеризующих объект.

Оптимизация на основе анализа вариантов должна предусматривать:

- анализ исходного (базового) варианта оптимизируемого объекта (например, технологического процесса);
- формулирование основных требований к оптимизируемому объекту;
- выбор критерия или комплекса критериев оптимизации;
- составление множества возможных решений путем, например, использования таблиц морфологического анализа или на основе применения других методов;
- анализ составленного множества технических решений и их оптимизация на основе выбранных критериев оптимальности.

Этот путь оптимизации решений следует использовать при обосновании:

- выбора заготовок;
- маршрутной технологии;
- способов контроля;

- способов закрепления заготовок на станке;
- выбора основного оборудования;
- выбора средств автоматизации операций;
- способов регулирования размеров при сборке узлов.

Все предлагаемые варианты должны быть представлены в пояснительной записке в компактной, желательно, табличной форме; наилучший (оптимальный) вариант должен быть обоснован в соответствии с представленной выше схемой и выделен.

### ***2.1.5 Структура и объем курсового проекта***

Курсовой проект представляет собой сочетание технологических и конструкторских разработок.

Технологическая часть включает:

- решение комплекса задач, связанных с проектированием технологического процесса и экономическим обоснованием принятых решений;
- разработку и оформление технологической документации на проектируемый процесс.

Конструкторская часть содержит:

- расчеты проектируемых средств технологического оснащения процесса;
- конструкторскую документацию на проектируемые средства оснащения.

В законченном виде представляемой к защите курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки и графического материала.

Пояснительная записка является основным документом курсового проекта, в котором приводится полная информация о выполненных технологических, конструкторских, организационно-экономических и научно-исследовательских разработках. Типовое содержание записки приведено в задании на проектирование. Объем пояснительной записки, как правило, составляет 50–60 страниц (формат А4) рукописного текста (без учета приложений).

Графический материал курсового проекта может включать:

чертеж исходной заготовки;  
 чертеж станочного, сборочного или контрольного приспособления;  
 анализ точности изготовления изделия; чертеж расчетно-технологической карты или карты наладки; и другие чертежи. Общий объем графической части составляет 4–5 листов (формат А1).

Состав графических материалов курсового проекта может быть следующим:

- |                                |                 |
|--------------------------------|-----------------|
| • чертеж исходной заготовки    | – 0,5–1,0 лист, |
| • схема сборки узла            | – 0,5–1,0 лист, |
| • чертеж РТК или карты наладки | – 1,0–1,5 лист, |

- чертеж общего вида станочного приспособления – 1,0 лист
- чертеж общего вида контрольно-измерительного приспособления – 0,5 лист

В зависимости от темы и содержания курсового проекта в состав курсового проекта в состав графических материалов могут быть включены графики, схемы и другие материалы, полученные при проектировании технологии или выполнении научно-исследовательской работы.

В приложения расчетно-пояснительной записки включаются: технологическая документация на проектируемый процесс: маршрутную карту (МК); операционные карты (ОК) и карты эскизов на 3–4 наиболее сложных и различных по методам обработки операций; спецификации на станочные и контрольные приспособления.

### **2.1.6 Требования к выполнению расчетно-пояснительной записки и графической части проекта**

#### *Оформление расчетно-пояснительной записки*

Расчетно-пояснительная записка к проекту оформляется согласно требованиям ДСТУ 3008–95 “Документация. Отчёты в сфере науки и техники. Структура и правила оформления” [9].

Бланк задания на курсовое проектирование оформляется, как показано в приложении А.

Реферат должен кратко отражать основное содержание курсового проекта и основные технико-экономические результаты разработок.

Текст записки делится на разделы, которые нумеруются арабскими цифрами. После номера раздела точка не ставится. Введение и заключение не нумеруются.

Тексты разделов делятся на подразделы, которые нумеруют арабскими цифрами в пределах каждого раздела. Номер подраздела должен состоять из номера раздела и номера подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точку не ставят, например, «2.1» (первый подраздел второго раздела). Тексты подразделов делят на пункты, которые нумеруют арабскими цифрами. Номер пункта состоит из номеров раздела, подраздела и пункта, разделенных точками, например, «2.1.3» (третий пункт первого подраздела второго раздела).

Разделы и подразделы должны иметь заголовки. Подчеркивать заголовки и переносить слова в заголовках не допускается. Расстояние между заголовками и последующим текстом должно быть равно трем междустрочным интервалам.

Нумерация страниц записки должна быть сплошной: первой страницей является титульный лист, второй – задание на курсовое проектирование, третьей – реферат, четвертой – содержание и т.д.

Иллюстрации (схемы, графики, и пр.) и таблицы, которые располагаются на отдельных страницах, а также приложения и перечень ссылок включают в сквозную нумерацию страниц.

Иллюстрации (чертежи, рисунки, графики, схемы, диаграммы, фотографии) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые или на следующей странице. Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов.

Иллюстрации могут иметь название, которое следует писать (печатать) строчными буквами (кроме первой прописной). Название помещают под иллюстрацией через тире после слова «Рисунок – », например: «Рисунок 2.1 – Схема размещения». При необходимости под иллюстрацией помещают пояснительные данные (подрисовочный текст). Название иллюстрации помещают после пояснительных данных.

Таблицу следует располагать непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице, или, при необходимости, в приложении к ТД. Допускается располагать таблицу вдоль длинной стороны листа.

Таблицы следует нумеровать арабскими цифрами порядковой нумерацией в пределах раздела, за исключением таблиц, приводимых в приложениях. Номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделённых точкой, например: таблица 2.1 – первая таблица второго раздела. Допускается нумеровать таблицы сквозной нумерацией.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения, например: «Таблица В.1».

Таблица может иметь название, которое следует писать (печатать) строчными буквами (кроме первой прописной). Название помещают над таблицей, через тире после номера таблицы пишут её название, например: «Таблица 2.1 – Физико-механические характеристики материала».

Заголовки граф и строк таблицы следует писать (печатать) с прописной буквы, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе.

Таблицу слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями.

Аналогично рисункам и таблицам нумеруются формулы. Номера формул указывают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках, например, формула (3.4) – четвертая формула третьего раздела. Допускается сквозная нумерация формул в пределах расчетно-пояснительной записки.

Пояснения значений символов и числовых коэффициентов приводят непосредственно под формулой в той же последовательности, в какой они даны в формуле. Первую строку начинают со слова «где» без двоеточия, значения каждого символа и числового коэффициента следует писать с но-

вой строки.

Ссылки в тексте ТД на источники следует обозначать порядковым номером по перечню ссылок, выделенным двумя квадратными скобками, например: «...в работах [ ]». Ссылки на иллюстрации и таблицы указывают их порядковым номером, например, «рисунок 5.4», «таблица 1.8». В повторных ссылках на таблицы и иллюстрации следует указывать сокращенно слово «смотри», например, «см. таблицу 1.2».

Основная часть расчетно-пояснительной записки должна иметь структурное построение, соответствующее типовому содержанию. Она состоит из введения, разделов, номенклатура и последовательность изложения которых зависят от типа и особенностей темы курсового проекта, и выводы. По всему тексту записки следует соблюдать единство терминологии. Не следует применять иностранные слова и термины, если имеются равнозначные русские слова и термины. При первом упоминании иностранных фирм и малоизвестных фамилий необходимо писать их как в русской транскрипции, так и на языке оригинала (в скобках). Цитаты, приведенные в тексте, следует заключать в кавычки и указывать точное название или номер источника по списку литературы. Наименование предприятий пишут в кавычках и не склоняют, например, завод «Гидроаппаратура». Сокращенные наименования типа ВНИИ, НКМЗ, ЭНИМС пишут без вычек. Знаки «№, %» и другие применяются только в сопровождении цифр или букв, в тексте их пишут словами - например, процент, логарифм и т.д. Размерность одного и того же параметра в пределах записки должна быть постоянной. Ссылки на стандарты, технические условия, инструкции и другие подобные источники делают на документ в целом или на его разделы с указанием обозначения и наименования документа, номера и наименования раздела. Цифровой материал, помещенный в записке, рекомендуется оформлять в виде таблиц.

Непременным требованием является строгое соблюдение во всех материалах курсового проекта ГОСТ 8.417–81 «Единицы физических величин».

Перечень ссылок должен включать все использованные источники, которые следует располагать в порядке появления ссылок в тексте записки. Сведения об источниках, включенных в список, необходимо давать в соответствии с требованиями ГОСТ ДСТУ 7.1:2006.

Приложения оформляют обычно как продолжение записки на последующих ее страницах, располагая их в порядке появления ссылок в тексте. В приложения включают: технологическую документацию; спецификации конструкторских разработок; распечатки ЭВМ; протоколы и акты испытаний и внедрения; промежуточные математические выкладки и расчеты; инструкции, методики и другие технические документы, разработанные в процессе выполнения курсового проекта; копии авторских свидетельств на изобретения или положительных решений по заявкам.

Приложение должно иметь заголовок, напечатанный сверху строчными буквами с первой прописной симметрично относительно текста



страницы. Посередине строки над заголовком строчными буквами с первой прописной должно быть написано (напечатано) слово «Приложение \_\_\_\_» и прописная буква, обозначающая приложение.

Приложение следует обозначать последовательно прописными буквами русского алфавита, за исключением Ё, З, Й, О, Ч, Ь, Ъ, Ы, например: приложение А, приложение Б и т.д. Одно приложение обозначается как приложение А.

Имеющиеся в тексте приложения иллюстрации, таблицы, формулы и уравнения следует нумеровать в пределах каждого приложения, например: рисунок Г.3 – третий рисунок приложения Г; таблица А.2 – вторая таблица приложения А; формула (А.1) – первая формула приложения А.

Если в приложении одна иллюстрация, одна таблица, одна формула, одно уравнение, их нумеруют, например, рисунок А.1, таблица А.1, формула (В.1).

Текст записки размещают на одной стороне листа белой бумаги формата А4 – 210х297 мм.

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

### *Оформление графических разработок*

Графические материалы курсового проекта выполняют в соответствии со стандартами ЕСКД. Исключение составляют технологические эскизы обработки заготовок и сборки изделий – графический материал, методические указания по оформлению которых, даны в соответствующих разделах настоящего пособия.

### **2.1.7 Подготовка к защите и защита курсового проекта**

Защита курсового проекта является одним из важнейших элементов учебного процесса, позволяющим не только оценить общий уровень знаний и инженерной подготовки студента, но и, что более важно, научить студента технически грамотно и логически обоснованно защищать предлагаемые им новые технические решения.

Защита обычно начинается за 2–3 недели до окончания триместра и является завершающим этапом работы студента над курсовым проектом. Защита проводится публично перед комиссией, состоящей из 2–3 преподавателей, назначаемой выпускающей кафедрой. График защиты составляется в соответствии со сроками выполнения проектов, указанными в индивидуальных графиках выполнения проектов и доводится до общего сведения студентов за месяц до ее начала.

Проект представляется к защите после полного окончания работы с подписями студента и руководителя проекта, поставленными на всех чер-

тежах, расчетно-пояснительной записке, картах технологического процесса. При этом не позднее, чем за три дня до установленной даты защиты полностью выполненный проект представляется студентом руководителю для общей проверки.

Защита состоит из доклада студента, ответов на вопросы и не должна превышать 20 минут.

В своем докладе, продолжительностью 5–8 минут, и в ответах на вопросы студент обязан показать полное понимание всех разделов проекта, обосновать любое технологическое или конструктивное решение, объяснить назначение и работу любого узла приспособления, доказать целесообразность технических требований на чертежах, показать умение пользоваться государственными стандартами и справочной литературой.

Особое место в докладе необходимо отвести сообщению о том, что нового внес студент в разработанный технологический процесс по сравнению с базовым вариантом. Необходимо отразить результаты выполнения специальной части проекта, указать экономическую эффективность разработанного технологического процесса и сделать выводы о возможности внедрения полученных результатов в производство.

Доклад рекомендуется строить по следующей схеме:

- формулировка темы и исходных данных на проектирование;
- формулировка основных технико-экономических задач, решаемых в проекте;
- изложение сущности факта, обоснование принятых решений;
- основные технико-экономические показатели, отражающие эффективность проекта;
- общие выводы.

После доклада студент обязан ответить на вопросы членов комиссии, как по содержанию проекта, так и по материалам общетехнических и специальных дисциплин.

Защиту комплексного проекта начинает студент – ведущий проекта. В своем докладе он освещает общие для всей темы вопросы, результаты выполненной им работы. Соблюдая логическую последовательность разработок, защищают свои проекты остальные соавторы. Рекомендации к построению докладов те же, что и для индивидуальных проектов.

Студенты, не представившие в установленные сроки курсовые проекты или не защитившие их по неуважительным причинам, считаются имеющими академическую задолженность. К защите такие студенты допускаются при наличии разрешения декана факультета. Сроки защиты устанавливаются кафедрой и деканатом.

Повторная защита проекта в случае получения неудовлетворительной оценки разрешается только один раз (в текущем триместре), в сроки, установленные комиссией по приему защиты, при наличии индивидуальной зачетной ведомости.

Курсовые проекты, представляющие теоретический или практиче-

ский интерес, рекомендуются кафедрой на конкурс, а также предлагаются для использования в производственных условиях.

## **2.2 Содержание и последовательность выполнения курсового проекта**

### **2.2.1 Введение**

Во введении к курсовому проекту необходимо кратко изложить основные направления развития машиностроения независимой Украины. Следует показать связь проектируемого технологического процесса с задачами машиностроения в обеспечении всех отраслей народного хозяйства высокоэффективной техникой, отразить основные требования к объекту производства и технологии его изготовления.

Актуальность темы курсового проекта, новизну и значимость предлагаемых проектных решений целесообразно рассматривать параллельно с изучением состояния технологии производства на базовом предприятии.

### **2.2.2 Изучение служебного назначения и конструкции объекта проектирования**

Этот подраздел требует проведения тщательного анализа конструкции изделия [7, 8], функционирования его основных узлов и деталей, условий эксплуатации (нагрузки, виды нагружения, рабочая температура, агрессивность среды и др.). Анализ можно считать окончанным, если имеется полное представление о конструкции, порядке работы изделия, и взаимодействии его узлов и механизмов.

Описание конструкции и работу изделия необходимо вести с указанием позиций деталей по сборочному чертежу или приведенному эскизу.

Изучение служебного назначения и конструкции детали является ответственным шагом при проектировании технологического процесса ее изготовления.

Вначале по геометрическим проекциям и сечениям выясняется конфигурация детали, форма всех ее поверхностей и их пространственное взаимное расположение.

При последующем обходе (переборе) поверхностей изучаются их размеры и требуемая точность (допуски, посадки) [5]. Затем изучается требуемая по чертежу точность формы поверхностей и точность их взаимного расположения (параллельность, перпендикулярность, соосность), а также шероховатость обрабатываемых поверхностей.

Полученные результаты являются основанием для представления о методах окончательной обработки, числе ступеней обработки исследуемых

поверхностей, а анализ системы простановки линейных координирующих размеров позволяет выявить конструкторские базы и предварительно наметить последовательность обработки основных поверхностей.

Для решения последующих задач необходимо изучить материал детали, его физико-механические свойства и характер термической обработки. Это послужит основанием для правильного решения вопросов о методах обработки (обработка резанием, электрохимическая обработка и т.п.), о членении технологического процесса на этапы, способах выполнения окончательных, отделочных и упрочняющих операций.

Здесь же необходимо описать, какую задачу выполняет деталь в сборочной единице, а последняя – в изделии. Четко сформулировать служебное назначение детали, условия ее работы и технические требования на ее изготовление.

Излагаемый материал целесообразно сопровождать эскизом детали, обозначив ее поверхности цифрами или прописными буквами.

### ***2.2.3 Анализ технологичности объекта проектирования***

Состав работ по обеспечению технологичности конструкции изделий на всех стадиях их создания устанавливается ЕСТПП, а применяемые термины и определения установлены ГОСТ 14.201–83, ГОСТ 14.203–83 и ГОСТ 14.205–83 [7, 8, 10].

Отработка изделий на технологичность представляет одну из наиболее сложных функций технологической подготовки производства и является обязательным этапом проектирования технологических процессов.

В процессе курсового проектирования студент должен самым тщательным образом проанализировать конструкцию узла или детали.

Основные задачи, решаемые при анализе технологичности конструкции, должны быть направлены на уменьшение трудоемкости и снижение себестоимости без ущерба для служебного назначения. Таким образом, при отработке на технологичность необходимо анализировать применяемые материалы; виды и методы получения заготовок; технологические методы и виды обработки, сборки монтажа, контроля, испытаний; возможность применения прогрессивных технологических процессов; возможность механизации и автоматизации процессов; возможность применения унифицированных сборочных единиц и деталей и другие факторы.

Технологичность конструкции оценивается качественно и количественно. Качественная оценка предшествует количественной оценке. Это, как правило, сравнительная оценка (хорошо-плохо, допустимо-недопустимо) по тем требованиям к конструкции, которые трудно выразить количественно. Количественную оценку производят по принятым показателям технологичности путем расчета их значений [8, 10].

Цель такого анализа – выявление недостатков конструкции по сведениям, содержащимся в чертеже и технических требованиях, а также воз-

можное улучшение технологичности рассматриваемой конструкции.

Рабочий чертеж детали должен содержать все данные, необходимые для ее изготовления: проекции, сечения, обеспечивающие полное освещение конструктивной формы детали; размеры с указанием допустимых отклонений; параметры шероховатости обрабатываемых поверхностей; допустимые отклонения от правильных геометрических форм; допускаемые пространственные отклонения во взаимном расположении элементарных поверхностей детали; материал, применяемый для изготовления детали, с указанием его марки и ГОСТа; прочие технические требования, предъявляемые к детали и ее элементам (термообработка, твердость, покрытие и т. д.).

Далее необходимо проанализировать конструкцию детали в свете технологических условий ее производства. При выполнении этого раздела необходимо ответить на вопросы:

1 Возможно ли изменение конфигурации детали, позволяющих применение наиболее совершенных исходных заготовок, сокращающее объем механической обработки (точное и кокильное литье, литье под давлением, горячая объемная штамповка, холодная штамповка различных видов, т.п.) без ущерба для служебного назначения детали?

2 Обеспечивает ли данная простановка размеров на чертеже детали возможность выполнения обработки по принципу автоматического получения размеров на настроенных станках, автоматах и полуавтоматах и совмещения конструкторских, технологических, измерительных баз?

3 Возможно ли применение наиболее совершенных и производительных методов механической обработки (обработка многоинструментальными наладками, фасонным и многолезвийным инструментом, накачивание резьбы и шлицев, применение агрегатных и специальных станков и автоматов, поточных и автоматических линий) при производстве анализируемой детали и не ограничивает ее конструкция применение высоких режимов резания?

4 Обеспечены ли условия для врезания и выхода режущего инструмента, доступа ко всем элементам детали для обработки и измерения?

5 Выдерживается ли соответствие формы и размеров поверхностей формам и размерам стандартного инструмента?

6 Достаточно ли обоснованы допускаемые отклонения от правильных геометрических форм и увязаны ли они с геометрическими погрешностями станков?

7 Не вызовут ли технологических трудностей допускаемые пространственные отклонения и могут ли эти отклонения быть выдержаны без усложнения технологического процесса?

8 Не возникает ли технологических трудностей при выдерживании заданных допусков на размеры и требуемой шероховатости?

Одновременно с этим студент должен дать оценку материалу с точки зрения обрабатываемости его режущими инструментами, методами штамповки и т.д. (рассматривать следует только те методы, которые предпола-

гается использовать в разрабатываемом технологическом процессе).

По результатам выполненного анализа определяются показатели уровня технологичности конструкции, разрабатываются рекомендации по их улучшению и вносятся изменения в конструкторскую документацию.

В проекте необходимо определить значения перечисленных ниже относительных показателей технологичности, которые должны приниматься в пределах  $0 < K < 1$ .

Уровень технологичности по точности обработки:

$$K_{y.mch} = \frac{K_{\delta.mch}}{K_{mch}},$$

где  $K_{\delta.mch}$ ,  $K_{mch}$  – соответственно базовый и достигнутый коэффициенты точности обработки.

Коэффициент точности обработки:

$$K_{mch} = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum T n_i},$$

где  $T_{cp}$  – средний квалитет точности обработки изделия;

$$T_{cp} = \frac{\sum T \cdot n_i}{\sum n_i},$$

где  $n_i$  – число размеров соответствующего квалитета точности;

$T$  – квалитет точности обработки.

Уровень технологичности конструкции по шероховатости поверхности:

$$K_{y.sh} = \frac{K_{\delta.sh}}{K_{sh}},$$

где  $K_{\delta.sh}$ ,  $K_{sh}$  – соответственно базовый и достигнутый коэффициенты шероховатости поверхности.

Коэффициент шероховатости поверхности:

$$K_{sh} = 1 - \frac{1}{\overline{Ш}_{cp}} = 1 - \frac{\sum n_{iш}}{\sum \overline{Ш} n_{iш}},$$

где  $\overline{Ш}_{cp}$  – средняя шероховатость поверхности изделия,

$$III_{cp} = \frac{\sum III \cdot n_{i_{iii}}}{\sum n_{i_{iii}}},$$

где  $III$  – шероховатость поверхности (в  $Ra$ );

$n_{i_{iii}}$  – число поверхностей соответствующей шероховатости.

Значения достигнутых уровней технологичности детали по точности обработки и шероховатости следует определить после завершения технологического контроля чертежа и внесения в него по согласованию с руководителем проекта рациональных изменений. Если чертеж детали после завершения технологического контроля не подвергается изменению, уровень технологичности детали по этим показателям равен 1.

Коэффициент использования материала:

$$K_{им} = \frac{M_{\partial}}{M_{м}},$$

где  $M_{\partial}$  – масса детали, кг;

$M_{м}$  – масса материала, израсходованного на изготовление детали, кг.

Уровень технологичности детали по использованию материала:

$$K_{у.им} = \frac{K_{б.им}}{K_{им}},$$

где  $K_{б.им}$ ,  $K_{им}$  – соответственно базовый и достигнутый коэффициент использования материала.

Значения коэффициента использования материала и уровня технологичности детали рассчитываются после выбора метода получения заготовки и определения общих припусков на механическую обработку.

Уровень технологичности детали по трудоемкости изготовления:

$$K_{у.т} = \frac{T_{\partial.т}}{T_{б.т}},$$

где  $T_{\partial.т}$ ,  $T_{б.т}$  – соответственно достигнутая и базовая трудоемкости изготовления изделия, мин.

Уровень технологичности по технологической себестоимости:

$$K_{у.с} = \frac{C_{\partial.т}}{C_{б.т}},$$

где  $C_{\partial.т}$ ,  $C_{б.т}$  – соответственно достигнутая и базовая технологическая себестоимость изделия, грн.

Уровень технологичности детали по трудоемкости и технологиче-

ской себестоимости окончательно определяется после разработки техпроцесса и получения необходимых для расчета данных, с учетом снижения трудоемкости изготовления и себестоимости детали, обусловленного только изменениями конструкции детали и заготовки, материала и метода получения.

После анализа технологичности детали все предложения по изменению конструкции детали должны быть систематизированы и соответствующими обоснованиями приведены в расчетно-пояснительной записке.

#### ***2.2.4 Анализ маркетинговых исследований на базовом предприятии***

При маркетинговом анализе базового предприятия необходимо рассмотреть следующие вопросы:

##### **1 Описание рынка**

Наличие группы потенциальных потребителей, заинтересованных в выпускаемых/предлагаемых товарах/услугах. Географическая сегментация рынка. Краткая информация о конкурентности выбранного рынка.

Краткое описание деятельности и особенностей работы с поставщиками товаров, комплектующих, сырья и т.п. (причины выбора того или иного поставщика, преимущества работы с конкретными поставщиками, сложности в работе с некоторыми поставщиками).

**2 Тип производства, методы торговли или другие виды бизнес-деятельности.**

Представляется краткое описание типа организации бизнес-деятельности. Например, для производства: серийное, мелкосерийное, единичное; прерывное или непрерывное; источники получения сырья и комплектующих; используемые технологии с акцентом на возможные конкурентные преимущества; вторичное производство, использование отходов.

##### **3 Описание и характеристики потребителей**

Описание соответствующих групп оптовых потребителей (производства, магазины, посреднические фирмы, зарубежные компании и т.п.); более подробное описание каждого крупного оптового потребителя; описание вариантов использования приобретаемых оптовым потребителем товаров; краткое описание конечного потребителя реализуемых товаров; описание основных принципов и организации работы с оптовыми потребителями (системы расчетов, поставок, наиболее популярные модели или изделия, марки товаров, частота и характер рекламаций, степень удовлетворенности ассортиментом, качеством и технико-технологическими характеристиками товаров).

**4 Описание места расположения соответствующей производственно-коммерческой единицы.**



Производство: анализ места расположения с точки зрения удобства и стоимости доставки сырья, комплектующих; анализ места расположения с точки зрения удобства доставки готовой продукции оптовому или розничному покупателю; анализ места расположения собственных торговых точек по реализации выпускаемой продукции относительно места расположения самого производства; расположение потенциальных оптовых/розничных клиентов относительно соответствующего производства; анализ мест расположения бизнес-партнеров; анализ расположения конкурирующих производств; анализ причин, по которым сформирован существующий ассортимент, оценка его оптимальности; краткое описание потребительских и технико-технологических свойств основных ассортиментных групп или изделий; оценка объемов реализации (в денежном и физическом выражении) по каждой товарной группе или изделию; анализ рентабельности, нормы прибыли по товарным группам или изделию; выявление нерентабельной продукции или группы товаров, анализ причин низкой рентабельности; анализ сбыта по аналогичным ассортиментным группам или изделиям у конкурентов; анализ сезонности сбыта; анализ причин увеличения/снижения сбыта по ассортиментным группам или изделиям в определенные периоды времени; анализ ассортимента (с учетом себестоимости, спроса, цены реализации, сложности в производстве или доставке, удобства работы с поставщиками или партнерами и т.п.).

#### 5 Товарная политика

Анализ эффективности ассортимента.

#### 6 Ценовая политика.

Основные принципы формирования ценовой политики (с учетом особенностей, покупательской способности и уровня дохода групп потребителей, на которых ориентируется соответствующая производственная/коммерческая единица); особенности формирования себестоимости на соответствующий товар/услугу; оценка степени влияния на собственную ценовую политику уровня цен и системы ценообразования у конкурентов; причины изменения уровня цен, произошедшие за анализируемый период; анализ ценовой политики поставщиков сырья, комплектующих, сопутствующих товаров; скидки, дисконтные карты; описание акций по продажам, прошедшим за анализируемый период; описание особенностей системы расчетов с клиентами (кредитные карты, наличные/безналичные расчеты, величины предоплаты, кредитование клиентов, отпуск товаров на консигнацию и т.п.); анализ соответствующей системы расчетов с клиентами у конкурентов.

#### 7 Методы продвижения продуктов

Внешняя реклама: описание основных видов рекламных воздействий и PR-акций, используемых за анализируемый период; реклама в прессе; реклама на радио; реклама на телевидении; наружная реклама; внешнее оформление торговой точки или производства, офиса; щитовая реклама; адресная реклама; совместная реклама; участие в выставках, ярмарках; реклама в Интернете; печатная реклама (рекламные буклеты, ка-

талог, пресс-релизы); сувенирная продукция с логотипом фирмы, адреса и методы ее распространения;

Внутренняя реклама (торговой точки, производственной/коммерческой единицы);

PR-мероприятия: спонсорство; распространение информации о фирме через телевидение, радио, прессу, выступление представителей руководства в средствах массовой информации; корпоративные связи; пресс-конференции, семинары; презентации;

Стимулирование сбыта: скидки, снижение цен; наличие дисконтных карт; призы, подарки покупателям и клиентам; бесплатные пробы, тестирование товаров, дегустации; гарантии; демонстрация товаров в местах их реализации; поощрение продавцов/менеджеров по сбыту; поощрения деловых партнеров и торговых агентов; совместное стимулирование сбыта с другими фирмами.

Анализ эффективности рекламы. Обеспечение качества продукции, услуг, работы с клиентами.

## **8 Конкуренция**

Уровни конкуренции, актуальные для занимаемого рынка: конкуренция товаров, ассортиментных групп; конкуренция торговых марок; производственная конкуренция; отраслевая конкуренция; формальная конкуренция; общая конкуренция.

Информация о конкурентах, функционирующих на выбранном сегменте рынка: анализ мест расположения конкурирующей производственной/коммерческой единицы; товарная и ассортиментная политика конкурентов; ценовая политика конкурентов; рекламная политика, методы стимулирования сбыта и PR-мероприятия конкурентов; описание потребителей, с которыми работают конкуренты; методы и приемы работы конкурентов с потребителями; анализ особенностей организации производства/торговли у конкурентов; особенности кадровой политики у конкурентов; дополнительные услуги, предлагаемые конкурентами; оформление торговых точек/производства/офисов конкурентов; оценка объемов реализации у конкурентов; нововведения, дополнительные виды деятельности конкурентов; анализ сильных и слабых сторон конкурентов.

Анализ собственных конкурентных преимуществ.

### ***2.2.5 Анализ базовых технологических процессов механообработки***

Подробный анализ существующих вариантов техпроцессов является предпосылкой для разработки проектируемого варианта технологии. Если в задании на проектирование указан узел или деталь, которые были объектами изучения во время производственной практики, то анализу подвергается заводской вариант технологического процесса изготовления изделия.

В том случае, когда задание выдано не по материалам практики,

например чертеж узла или детали взят из атласа, тогда анализируются типовые для изделий данного класса технологические процессы, которые изучаются по источникам, рекомендуемым руководителем проекта. Анализ производится с точки зрения обеспечения заданного качества изделия при высокой производительности и минимальной себестоимости обработки.

Он базируется на оценке количественных и качественных показателей, как отдельных технологических операций, так и процесса в целом. Количественные показатели определяются технико-экономическими расчетами (производительности, себестоимости) или по данным технологической документации [4, 7, 8].

Анализ базового варианта технологического процесса должен включать следующие основные вопросы:

- обоснованность установленной общей последовательности обработки, включая все операции технологического процесса: механическую обработку, технический контроль, термическую, химико-термическую обработку;
- метод получения заготовки;
- методы упрочнения детали и соответствие их ее функциональному назначению и условиям эксплуатации машины;
- станочное оборудование и рациональность его использования по габаритам, времени, точности, мощности;
- степень концентрации и дифференциации операций;
- автоматизация технологического процесса;
- базирование заготовок, соблюдение размерных связей, принципов единства и совмещения баз;
- уровень оснащения технологического процесса (установочно-зажимные приспособления, режущие и вспомогательные инструменты, средства технического контроля) и др.;
- брак при обработке и причины его возникновения.
- анализ рекомендуется начинать с представления плана базового технологического процесса (приложение Г).

В результате выполненного анализа должны быть сформулированы конкретные задачи, направленные на совершенствование существующего техпроцесса, подлежащие детальной разработке в курсовом проекте.

### ***2.2.6 Определение программы выпуска изделий, типа производства и его организационной формы***

Годовая программа выпуска деталей определяется на основании заданного программного задания по формуле:

$$N_z = N_n m \left( 1 + \frac{a}{100} \right) \left( 1 + \frac{b}{100} \right),$$

где  $N_n$  – программное задание выпуска изделий в год;

$m$  – количество деталей, идущих на одно изделия;

$a$  – процент деталей, идущих на запасные части,  $a = 0 \dots 10\%$ ;

$b$  – процент технически неизбежных производственных, включающих детали, идущие на испытание механических свойств материала, наладку оборудования и другое, а также бракованные детали,  $b = 2 \dots 6\%$ .

Тип производства согласно ГОСТ 3.1108–74 [4, 8] характеризуется коэффициентом закрепления операций, который определяет количество различных операций по обработке одной или нескольких деталей, закрепленных за одним рабочим местом в течение определенного планового промежутка времени (одного месяца):

$$K_{zo} = \frac{\sum O}{\sum P} \approx \frac{\sum O}{\sum S},$$

где  $O$  – число различных операций за один месяц;

$P$  – число рабочих мест, на которых выполняются различные операции;

$S$  – количество станков, установленных на участке.

Для различных типов производства приняты следующие значения коэффициента закрепления:

для массового производства –  $K_{zo} = 1$ ,

крупносерийного –  $K_{zo} = 2-10$ ,

среднесерийного –  $K_{zo} = 10-20$ ,

мелкосерийного –  $K_{zo} = 20-40$ .

Для единичного производства значение коэффициента закрепления операций не регламентируется.

Общее число различных операций  $O$  по рассматриваемому технологическому процессу на участке цеха определяется суммированием различных операций  $O_{pm}$ , закрепленным за каждым рабочим местом.

В большинстве случаев в курсовом проекте по сравнению с базовым вариантом изменяется программа выпуска, число рабочих мест и т.д. Поэтому возникает необходимость в уточнении числа рабочих мест и расчете количества операций, закрепленных за ними.

Число операций, закрепленных за одним рабочим местом, можно определить по формуле:

$$O_{pm} = \frac{K_n}{K_z},$$

где  $K_n$  – нормативный коэффициент загрузки рабочего места всеми закрепленными за ними;

$K_z$  – коэффициент загрузки рабочего места проектируемой операции.

Учитывая формулу для определения коэффициента загрузки, получим:

$$O_{pm} = \frac{60 \cdot F_m \cdot K_n \cdot K_v}{T_{шт-к} \cdot N_m},$$

где  $F_m$  – месячный фонд времени работы оборудования при двухсменном режиме,

$$F_m = \frac{4015}{12} = 334,5,$$

$K_v$  – средний коэффициент выполнения нормы:  $K_v = 1,2$ ;

$T_{шт-к}$  – штучно-калькуляционное время проектируемой операции, мин.;

$N_m$  – месячная программа выпуска деталей;

$K_n$  – нормативный коэффициент загрузки.

Среднее значение нормативного коэффициента загрузки оборудования по отделению или участку цеха при двухсменной работе можно принять: для мелкосерийного – 0,8–0,9, для серийного – 0,75–0,85, для массового, поточного и крупносерийного производства – 0,65–0,75.

Значения коэффициента закрепления операций в курсовом проекте следует определять дважды: предварительно – при ориентировочном выборе типа производства и окончательно – при разработке операционной технологии. При предварительном расчете штучно-калькуляционное время определяется по укрупненным нормативам или базовому техпроцессу, а число различных мест – по базовому варианту с учетом планируемого усовершенствования технологического маршрута. При окончательном расчете и установлении типа производства значения  $T_{шт-к}$  и  $P$  принимаются по разработанному технологическому процессу. Результаты расчета представляются в виде таблицы (приложение В).

Форма организации технологических процессов в соответствии с ГОСТ 14.312–74 зависит от установленного порядка выполнения операции, расположения оборудования и направления движения деталей при изготовлении.

Существует две формы организации технологических процессов – групповая и поточная [2].

Решение о целесообразности организации поточной формы производства обычно принимается на основании сравнения заданного суточного выпуска изделия с расчетной суточной производительностью поточной линии при двухсменном режиме работы и ее загрузке на 65–75%.

Заданный суточный выпуск изделий:

$$N_c = \frac{N_z}{253},$$

где  $N_z$  – годовая программа выпуска изделий, шт.,  
253 – количество рабочих дней в году.

Суточная производительность поточной линии:

$$Q_c = \frac{F_c}{T_{cp}} \eta_z,$$

где  $F_c$  – суточный фонд времени работы оборудования, при двухсменном режиме работы,  $F_c = 960$  мин;

$\eta_z$  – коэффициент загрузки оборудования;

$T_{cp}$  – средняя станкостоемость основных операций в минуту, станкомин.

$$T_{cp} = \frac{\sum T_{um}}{nK_g},$$

где  $T_{um}$  – штучное время основной  $i$ -й операции, мин;

$n$  – количество основных операций (без учета операций типа снятия фасок, зачистки заусенцев и др.);

$K_g$  – средний коэффициент выполнения норм времени.

Если заданный суточный выпуск изделий меньше суточной производительности поточной при условии ее загрузки на 60-70%, целесообразно проектирование групповой поточной линии.

При групповой форме организации производства запуск изделий производится партиями периодически, что является признаком серийного производства. Количество деталей в партии для одновременного запуска определяется упрощенным способом:

$$n_n = \frac{N_z a}{F},$$

где  $N_z$  – годовая программа выпуска, шт;

$a$  – периодичность запуска, дн.;

$F$  – число рабочих дней в году (253–254).

Рекомендуются следующие периодичности запуска изделий: 3, 6, 12, 24 дня.

Приведенная выше формула позволяет приближенно определить размер партии, который должен быть в дальнейшем скорректирован с учетом удобства планирования и организации производства. С этой целью

размер партии принимают не меньше сменной выработки.

Корректировка величины партии осуществляется следующим образом:

а) определяется расчетное число смен на обработку всей партии всей партии деталей на основных рабочих местах:

$$C = \frac{T_{шт-к} \cdot n_n}{480 \cdot 0,8}$$

б) расчетное число смен округляется до ближайшего целого числа (принятое число смен  $C_{пр}$ );

в) определяется принятое число деталей в партии:

$$N_{пр} = \frac{C_{пр} \cdot 480 \cdot 0,8}{T_{шт-к.ср}}$$

где 480 – расчетный фонд работы станка в смену, мин.;

0,8 – коэффициент загрузки станка;

$T_{шт-к.ср}$  – среднее штучно-калькуляционное время по основным операциям, мин.

При решении задач, связанным с проектированием технологии сборки изделий, необходимо учитывать рекомендации [1, 6].

### **2.2.7 Разработка технологической схемы и технологии сборки.**

#### **Точностные расчеты детали и узла (изделия)**

Для определения последовательности сборки изучают конструкцию изделия по сборочным чертежам и чертежам деталей. В результате этого устанавливают составляющие изделие сборочные единицы и составные части. Находят также базовую деталь в каждой сборочной единице.

При разбивке на сборочные единицы придерживаются правил:

- сборочная единица должна быть оптимальной по количеству деталей, массе и габаритам: большая затрудняет транспортирование, а дробление сборочных единиц ухудшает комплектование и организацию работ;

- если нужны испытания, обкатка, специальная пригонка узла, то он должен быть выделен в отдельную сборочную единицу;

- сборочная единица не должна при установке на машину (на общей сборке) разбираться;

- количество деталей идущих отдельно, т.е. без принадлежности к какой-либо сборочной единице, должно быть минимальным;

- удобно если трудоёмкость сборки большинства сборочных единиц примерно одинакова.

Последовательность общей сборки изделия определяется его конструктивными особенностями и методами достижения требуемой точности замыкающих звеньев.

При разработке последовательности сборки придерживаются следующих правил:

- начинают общую сборку машины с установки базовой детали или узла;
- установленные узлы не должны мешать установке последующих деталей и сборочных единиц;
- желательно в первую очередь устанавливать те узлы и детали, которые участвуют в решении наиболее важных сборочных размерных цепей, т.е. те, которые решают наиболее важную функциональную задачу;
- детали или сборочные единицы, размеры которых являются общими звеньями нескольких размерных цепей, должны устанавливаться в первую очередь.

Например, при сборке двухступенчатого редуктора узел промежуточного вала устанавливают перед установкой узлов входного и выходного валов, поскольку его выходные параметры входят в размерные цепи, определяющие точность зацепления, как первой, так и второй ступеней.

Последовательность сборки изображают в виде схемы сборки. Детали и сборочные единицы обозначают в виде прямоугольников, а операции сборки – стрелками, связывающими их с маршрутной линией сборки. В случае если при сборке изделия необходима разборка отдельных сборочных единиц, направление стрелки меняют на обратное. Принимая направление маршрутной линии от базовой детали к готовому изделию, технологическую последовательность присоединения отдельных деталей и сборочных единиц определяют очередностью их присоединения к маршрутной линии. Параллельность маршрутных линий означает возможность параллельной сборки отдельных сборочных единиц. Вид слесарно-сборочной операции, а также применяемое при этом оборудование, оснастку и инструмент можно указать условными обозначениями (знаками), внутри которых проставляют буквенные обозначения операций и порядковый номер оснащения по спецификации схемы сборки.

Подробные рекомендации по разработке схемы сборки изделия изложены в [6, 11, 13]. Схему сборки узла приводят на отдельном листе графической части.

По составленной схеме сборки разрабатывают технологический процесс сборки изделия или узла.

При составлении технологического процесса сборки принимают следующий порядок выполнения работ: подготовка и комплектование деталей к сборке, узловая сборка и испытание отдельных узлов, общая сборка изделия, обкатка и испытание, демонтаж, консервация и упаковка (в зависимости от типа производства, вида и габаритов изделия отдельные этапы могут отсутствовать).



Поскольку трудоёмкость сборки часто, например, в условиях единичного, мелкосерийного и серийного производства определяется не столько трудозатратами на сборочные операции, сколько трудоёмкостью различного рода пригоночно-доделочных и вспомогательных слесарных работ, необходимо уделить серьёзное внимание вопросу исключения или максимального снижения объёма этих работ. Например, в результате замены ручных пригоночных работ на сборке отделочными видами обработки на металлорежущих станках, применения станков с расширенными технологическими возможностями, использования УСП при обработке на станках и т. д. Подробные рекомендации приведены в [6, 11, 13].

В курсовом проекте необходимо выбрать и обосновать методы достижения требуемой точности отдельных параметров узла (полной, неполной или групповой взаимозаменяемости, пригонки, регулирования или применения компенсирующих материалов).

Расчет и обоснование производятся для 1–2 норм точности (технологических требований), сформулированных в п. 3.1.1.

Для этого, исходя из норм точности, производят размерный анализ конструкции узла, выявляют размерные цепи и выполняют их расчет.

Подробная методика проведения размерного анализа приведена в [4, 12, 13], а методика расчета и области применения обоих методов – в ГОСТ 16319–80, ГОСТ 19415–74 и также в [12].

В результате размерного анализа и расчета размерных цепей может выявиться необходимость в изменении точности параметров деталей, внесение изменений в конструкцию узла. Предлагаемые изменения оформляют в виде эскизов.

В случае разработки автоматической сборки необходимо провести анализ собираемости узлов, расчет параметров ориентирования деталей при их транспортировке и подаче на сборочные позиции. Подробные рекомендации приведены в [13].

Размерную цепь и итоговые данные расчетов приводят в пояснительной записке или на листе графической части.

Раздел в пояснительной записке заканчивают выводом о наиболее целесообразном методе достижения требуемой точности сборки.

### ***2.2.8 Выбор вида и способа получения заготовки***

Выбрать заготовку – значит установить вид и способ получения, наметить припуски на обработку каждой поверхности, рассчитать размеры и указать допуски на точность изготовления.

Выбор заготовки является многовариантной задачей. С точки зрения экономии материалов, сокращения затрат времени и средств на механическую обработку целесообразно выбирать такие заготовки, которые по форме, размерам, точности и качеству поверхности полнее соответствовали бы параметрам готовой детали. Но при этом будут увеличиваться теку-

щие и единовременные затраты на получение заготовки в заготовительном цехе. С другой стороны, упрощением формы заготовки, снижением требований к ее точности и качеству, можно значительно уменьшить затраты на ее изготовление. Но в этом случае снизится коэффициент использования материала и увеличатся затраты на обработку такой заготовки в механическом цехе.

Заготовки деталей машин получают литьем, обработкой давлением, резкой сортового и профильного проката, а также комбинированными способами. Более подробно способы изготовления заготовок, их особенности и области применения даны в работах [5, 18].

При выборе технологического процесса получения заготовки и метода ее формообразования необходимо учитывать следующие факторы:

- технологические свойства материала (т.е. литейные свойства или способность претерпевать пластические деформации при обработке давлением), а также структурные изменения материала в результате применения того или иного способа изготовления заготовки (расположение волокон в поковках, величина зерна в литых деталях и т. п.); штамповка, литье под давлением и т. д.);
- конструктивные формы и размеры детали (чем больше деталь, тем дороже обходится изготовление металлических форм, штампов и т.п.);
- требуемую точность и качество поверхности заготовки (шероховатость поверхности, наклеп, остаточные напряжения и т.п.);
- величину программного задания (при больших партиях наиболее выгодны способы, которые обеспечивают наибольшее приближение формы и размеров заготовки к форме и размерам детали: точная штамповка, литье под давлением и т. д.).

Если с точки зрения технических требований и возможностей применимы различные виды заготовок (способы их получения), то для правильного решения вопроса о выборе заготовки необходимо выполнить технико-экономические расчеты, сопоставив себестоимость готовой детали при том или другом виде заготовок.

Методика экономического обоснования, выбранного варианта заготовки проводится в работах [5, 18].

На основе выбранного вида заготовительного процесса, его особенностей и технологических возможностей, а также по результатам расчетов припусков на механическую обработку выполняют чертеж заготовки.

### ***2.2.9 Обоснование выбора оборудования, станочных и контрольных приспособлений, режущих и вспомогательных инструментов, средств механизации и автоматизации***

Правила выбора технологического оснащения регламентируются ГОСТ 14.301–85. К технологическому оснащению относятся технологиче-

ское оборудование (металлорежущие станки), технологическое оснащение (установочно-зажимные приспособления, режущий, вспомогательный, контрольно-измерительный инструмент), средства механизации и автоматизации производственных процессов. Их выбирают с учетом типа производства, программы выпуска изделий. Возможности группирования операций, использования стандартного оснащения и оборудования.

Выбор технологического оборудования основан на анализе затрат на реализацию технологического процесса, загрузки оборудования, массы, габаритов и точности деталей, подлежащих обработке. Выбор модели станка, прежде всего, определяется его возможностью обеспечить точность размеров и формы, а также качество обрабатываемых поверхностей [6]. Конкретную модель выбирают исходя из следующих соображений:

- основные размеры станка должны соответствовать габаритам обрабатываемой детали;
- соответствие производительности станка заданному масштабу производства;
- возможность обработки на оптимальных режимах резания;
- соответствие станка по мощности;
- возможность механизации и автоматизации обработки;
- наименьшая себестоимость.

Выбор технологического оснащения в значительной степени определяется типом производства, принятым станочным оборудованием. Выбор системы установочно-зажимных приспособлений должен основываться на технико-экономических расчетах экономической эффективности от внедрения приспособления, а также возможен выбор на основе типовых решений, рекомендуемых справочной литературой [6, 30, 31].

Выбор типоразмера инструмента, инструментального материала и геометрических параметров режущей кромки проводят с учетом формы поверхности обрабатываемой детали, ее размера, точности, шероховатости, конструктивных особенностей, твердости и прочности. Выбор инструмента и его характеристик выполняется в соответствии с рекомендациями [6].

Выбор контрольно-измерительных средств выполняется в соответствии с правилами, изложенными в ГОСТ 14.306–85. Контрольно-измерительный прибор должен обеспечивать необходимую точность измерения, производительность измерения должна соответствовать производительности технологического процесса. Измерительный прибор должен быть простым и удобным в процессе эксплуатации [6].

Правила выбора средств механизации и автоматизации технологических процессов регламентированы ГОСТ 14.309–85. В соответствии со стандартом механизации и автоматизации подвергаются объектам с целью снижения материальных и трудовых затрат, повышения производительности труда и качества изделий. Объектами автоматизации могут быть: загрузка и выгрузка заготовки, рабочие движения станка и детали, контроль

размеров и др. [38–40].

### ***2.2.10 Составление маршрута изготовления и предварительная разработка операций***

Выбрав способ получения заготовки и, определив ее конфигурацию, студент приступает к дальнейшей разработке технологического процесса на заданную деталь, которую следует производить в следующем порядке:

1 Проектирование процесса начинают с выбора технологических базовых поверхностей для обработки детали. Это объясняется тем, что от выбора баз в значительной степени зависит структура технологического процесса и надежность обеспечения требуемой точности. При выборе баз необходимо руководствоваться рекомендациями, изложенными в работах [4, 5, 8].

2 Зная по рабочему чертежу требования к качеству и точности обработки основных и свободных поверхностей детали, определяют необходимые методы их окончательной и предшествующей обработки.

При этом одновременно учитывают форму, размеры, массу детали и устанавливают тип потребного оборудования (без уточнения его модели), а также определяют потребность в приспособлениях и инструментах.

3 Зная по рабочему чертежу требуемую термическую или термохимическую обработку детали или её поверхностей, определяют место этой термической обработки в технологическом процессе изготовления детали.

4 Установив содержание технологического процесса изготовления детали, а также методы и средства её обработки, формируют этапы технологического процесса (черновой, чистовой, окончательной) [4].

5 Определяют примерное содержание операций процесса, т.е. устанавливают поверхности деталей, подлежащие обработке на каждой операции.

Разработка технологического процесса изготовления детали, а также отдельных его операций является задачей комплексной, требующей параллельного решения ряда самостоятельных технических вопросов. Однако ввиду сложности этих задач и невозможности подчас параллельного их решения разработка технического процесса, как в целом, так и всех его операций, осуществляя постепенно, посредством ряда попыток.

Таким образом, составленный план обработки, как правило, подвергается уточнению и дополнению после подробной разработки операций процесса и выбора моделей оборудования для их выполнения, разработки чертежа заготовки и технического нормирования. Во избежание больших изменений плана рекомендуется особое внимание уделять вопросам формирования этапов процесса, степени концентрации его операций.

При решении вопроса о степени концентрации операций следует помнить, что принцип концентрации имеет следующие преимущества:

1 Упрощается организация производства, поскольку планирование и

учёт ведутся по операциям, а их количество будет минимальным.

2 Сокращается номенклатура приспособлений, необходимых для установки и закрепления деталей, что обеспечивает уменьшение затрат на проектирование и изготовление оснастки.

3 Уменьшается число установок деталей, что весьма важно при обработке тяжелых и крупногабаритных деталей. В то же время сокращение числа установок во всех случаях облегчает достижение высокой точности взаимного расположения поверхностей.

4 Появляется возможность использовать станки высокой производительности (многолезцовые, агрегатные, многошпиндельные и т.п.).

Принцип дифференциации характеризуется разукрупнением и упрощением каждой операции за счет увеличения их числа. Этот принцип имеет свои преимущества:

1 План операций является более простым, упрощаются приспособления, инструменты, наладка станков, уменьшается время на подготовку производства.

2 Процесс становится очень гибким, его легко перестраивать, что важно в условиях частой смены объектов производства.

3 Создаются более благоприятные возможности для работы с наивыгоднейшими режимами в каждом переходе.

4 Повышается производительность труда рабочих за счет выработки определенного автоматизма в их действиях и снижения квалификации работы.

Выбор определенной степени концентрации операций определяет и продолжительность их выполнения. Изменяя степень концентрации, можно добиться согласования времени, потребного для выполнения данной операции, с заданным тактом выпуска деталей, т.е. создать условия для организации поточного производства (производственная программа в задании на проектирование, как правило, позволяет ориентироваться на его организацию). Поэтому при разработке плана технологического процесса величина подсчитанного раннее такта выпуска деталей будет являться критерием для правильного определения границ операций.

Намечая последовательность операций процесса и порядок построения каждой из них, необходимо руководствоваться принципом совмещения баз [4].

В план технологического процесса включаются слесарные, промежуточные контрольные, термические и другие операции, а также окончательный контроль.

Для более ясного и чёткого представления о плане и методах обработки (или сборки) технологический процесс иллюстрируется графическими изображениями в виде операционных эскизов, выполняемых на листе бумаги формата А4, расчерченной на форматки в соответствии с габаритами детали или сборочной единицы (в определённом масштабе) и количеством операций. На каждой форматке вычерчивается эскиз детали (в том виде, который она должна иметь после выполнения данной операции)

и наносятся размерные линии, соответствующие размерам обработанных на данной операции поверхностей, без проставления операционных размеров. На каждой форматке указываются наименование и номер операции, требуемая шероховатость поверхностей и вид оборудования, на котором предполагается выполнять данную операцию. Для лучшей наглядности обрабатываемые поверхности на операционных эскизах выделяются жирными линиями (толщина которых в 2–3 раза больше основных линий эскиза). Деталь на операционном эскизе должна вычерчиваться в положении, соответствующем действительному положению детали при обработке. Кроме того, в плане процесса указывают технологические базы с условным обозначением схемы базирования.

На этом предварительная разработка операций заканчивается, а окончательная может быть проведена только после назначения припусков на механическую обработку, расчета операционных размеров, определения размеров заготовки и выполнения её чертежа.

При разработке технологического процесса студент обязан пользоваться следующими государственными стандартами: ГОСТ 21495–76, ГОСТ 3.1107–81, ГОСТ 3.1119–83, ГОСТ 3.1105–84, ГОСТ 3.1404–86, ГОСТ 3.1702–79, ГОСТ 3.1104–81.

### ***2.2.11 Определение припусков, операционных размеров и размеров исходной заготовки, выполнение чертежа заготовки***

По разработанному плану обработки деталей, пользуясь нормативным или расчетно-аналитическим методом, студент должен рассчитать припуски на механическую обработку, определить операционные размеры, допуски на каждую операцию и требуемый размер заготовки в зависимости от экономической точности принятого способа обработки, конфигурации детали и вида заготовки [5]; метод расчета и объём расчетных работ определяются руководителем проекта.

Выполнение этого раздела желательно проводить в такой последовательности:

1 Определить общие припуски и размеры исходной заготовки.

Размеры исходной заготовки рассчитываются путем определения общих припусков на механическую обработку, которые прибавляются (для наружных поверхностей) к размерам или вычитаются (для внутренних поверхностей) из размеров поверхностей готовой детали.

Общие припуски и допускаемые отклонения определяются по таблицам соответствующих ГОСТов или технологических справочников с учетом габаритных размеров, массы, свойств материала, степени сложности заготовки, шероховатости поверхности детали и др. факторов [14–18].

Результаты расчета целесообразно представить в виде таблицы, содержащей данные о диаметральных или линейных размерах, точности и

шероховатости поверхностей, составляющих частях общего припуска на размер, допусках и размерах заготовки.

2 На две поверхности, указанные руководителем, определить припуски, операционные размеры и допуски опытно-статистическим или расчетно-аналитическим методами. Как правило, выбирают те поверхности, к которым предъявляются наиболее высокие требования по точности и шероховатости. Расчеты целесообразно сопровождать схемами и представлять в виде таблиц [19, 20].

Эту часть расчетов опытно-статистическим методом рекомендуется выполнять в такой последовательности:

- составляется размерная схема технологического процесса (вычерчиваются операционные размеры и проставляются от последней операции к первой немые операционные размеры – размерные линии);
- составляются схемы операционных размерных цепей для линейных размеров;
- по нормальям назначаются припуски на линейные и диаметральные размеры;
- рассчитываются операционные размерные цепи, определяются операционные размеры и их допуски, проверяются припуски, назначенные на обработку;
- определяются размеры заготовки и по соответствующим нормальям назначаются допуски на размеры заготовки.

Межоперационный допуск должен обеспечиваться выбранным оборудованием, т.е. не должен выходить за пределы экономической точности обработки. Величина допуска должна быть согласована с величиной соответствующего ему припуска. Ориентировочно размер допуска составляет от 25 до 45% от среднего размера припуска на последующую операцию. Можно также условно считать, что последующая обработка повышает точность обрабатываемой поверхности на 1–2 квалитета точности.

3 Определить коэффициент ужесточения припусков, скорректировать общие припуски и выполнить чертеж исходной заготовки.

В курсовом проекте из-за ограниченного времени, отводимого на его выполнение, расчет припусков осуществляется на две поверхности.

Поэтому перед выполнением эскиза исходной заготовки необходимо сделать корректировку общих значений припусков на все поверхности.

Для этой цели необходимо определить коэффициент ужесточения припусков

$$K_{уж} = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i^{pac}}{Z_o^{таб}},$$

где  $Z_i^{pac}$  – расчетно-аналитическое значение операционных припусков;

$n$  – количество операций, выполняемых при обработке данной по-

верхности;

$Z_o^{tab}$  – значение общего припуска на данную поверхность по ГОСТу.

Затем значение общих припусков, определённых по соответствующим ГОСТам, необходимо умножить на коэффициент ужесточения и полученное значение припуска на каждую поверхность скорректировать с учетом точности принятого метода получения заготовки.

Полученные результаты необходимо представить в виде таблицы (приложение Д), содержащей значения припусков, коэффициента ужесточения, допусков и размеров исходной заготовки.

Коэффициент использования металла, значения которого является одним из технических условий, определяется из соотношения массы детали к массе заготовки:

$$K_{им} = \frac{M_{дет}}{M_{заг}}$$

где  $M_{дет}$  – масса детали, кг;

$M_{заг}$  – масса заготовки, кг.

Для определения массы исходной заготовки её необходимо разделить на элементарные составные части, определить её объём и массу:

$$M_i = V_i \cdot \rho_i,$$

где  $M_i$  – масса элементарного объема заготовки, кг;

$V_i$  – объём элементарной составной части, мм<sup>3</sup>;

$\rho_i$  – плотность материала заготовки, кг/мм<sup>3</sup>.

Массу исходной заготовки определяют путем суммирования её элементарных составных частей:

$$M_{и.з} = M_1 + M_2 + \dots M_n = \sum_{i=1}^n M_i$$

где  $n$  – количество элементарных составных частей исходной заготовки.

На основании ранее выбранных вида и способа получения заготовки и расчетных размеров заготовки выполняется её чертёж. Чертёж должен содержать все необходимые размеры с допусками, знаки шероховатости поверхностей, твердость материала, указания о марке материала и методе термообработки. На чертеже также должны быть показаны линии разреза штампа (форм), приведены технические условия на приемку заготовки.

На чертеже заготовки необходимо показать контур готовой детали и под соответствующими размерами заготовки указать в скобках размеры готовой детали.



Чертеж заготовки должен быть выполнен четко и аккуратно, как правило, в масштабе 1:1.

Технические требования должны быть изложены на чертеже в текстовой форме или условными изображениями.

Чертеж исходной заготовки, содержание технических требований и последовательность их изложения должны быть оформлены с учетом требований соответствующих ГОСТов [8].

Необходимо стремиться к тому, чтобы форма и размеры заготовки были близкими к форме и размерам готовой детали, что уменьшает трудоемкость механической обработки, сокращает расход металла, режущего инструмента, электроэнергии и т.п.

### ***2.2.12 Разработка операций технологического процесса***

Разработка технологического процесса входит в комплекс взаимосвязанных работ, предусмотренных Единой системой технологической подготовки производства (ЕСТПП), и должна выполняться в полном соответствии с требованиями ГОСТ 14.301–83 «Общие правила разработки технологических процессов».

При разработке технологического процесса следует руководствоваться следующими принципами:

1 Обрабатывают поверхности, которые являются базовыми при дальнейшей обработке.

2 Обрабатывают поверхности, с которых снимается наибольший слой металла.

3 Выполняют обработку тех поверхностей, при снятии металла с которых в наименьшей степени уменьшается жесткость детали.

4 Поверхности, определяющие точность взаимного положения (соосность, перпендикулярность и т.п.), обрабатывают за одну установку.

5 При выборе технологических баз следует стремиться к совмещению их с конструкторскими и провести на них как можно больше операций, соблюдая принцип постоянства баз.

После составления маршрутной технологии, расчета припусков на механическую обработку, определения межоперационных размеров и допусков, выполнения чертежа заготовки подробно разрабатывается технологический процесс изготовления заданной детали и проверяется план и правильность принятия решений. После разработки технологического процесса обработки заданной детали разрабатываются его операции.

Комплектность и оформление технологических документов для разработанных техпроцессов (маршрутная карта, операционная карта, карта эскизов и др.) необходимо выполнять согласно ГОСТам, ЕСТД и рекомендациям [7, 8].

Выполнение этого раздела рекомендуется в такой последовательности:

1 Определяется содержание каждой операции процесса – устанавливаются технологические и вспомогательные переходы, рабочие ходы (их число устанавливается в процессе назначения режимов резания), определяются все приемы, необходимые для выполнения операции.

2 Устанавливается последовательность выполнения переходов, ходов и приемов всех операций, при этом одновременно решается вопрос о совмещении переходов.

3 Для каждой операции процесса согласно ГОСТ 14.404–83 устанавливается конкретная модель потребного оборудования (модель станка может быть изменена после проведения технологического нормирования, если недостаточны мощность, производительность и т.д.) [6].

4 Выбираются обрабатывающие и контрольные инструменты из номенклатуры стандартизованных или нормализованных, выясняется потребность в специальных инструментах [6, 30, 31].

5 Выясняется потребность в специальных приспособлениях, уточняется принцип их работы, определяется возможность многодетальной обработки [30, 31].

При выборе конкретной модели оборудования необходимо учитывать следующие основные условия:

а) размеры рабочей зоны данной модели станка должны соответствовать габаритным размерам детали;

б) выбранная деталь должна обеспечивать достижение заданной точности обработки и шероховатости поверхностей;

в) мощность, жесткость и другие технологические характеристики оборудования должны обеспечивать возможность использования наивыгоднейших режимов обработки;

г) производительность выбранной модели оборудования должна соответствовать заданной программе выпуска деталей;

д) себестоимость обработки деталей на выбранной модели оборудования должна быть наименьшей. По возможности следует применять станки с программным управлением (ЧПУ) [6].

Подробной разработке подлежат 10–15 операций процесса. На все разработанные операции составляются операционные карты (после построения графика загрузки и уточнения типа производства).

### ***2.2.13 Определение режимов резания и техническое нормирование операций***

На каждую операцию разработанного технологического процесса студент должен назначить режимы обработки и определить штучное или штучно-калькуляционное время. Параметры режима резания выбирают таким образом, чтобы достичь наибольшей производительности труда при наименьшей себестоимости данной технологической операции. Эти условия удается выполнить при работе с инструментом рациональной кон-

струкции, с максимальным использованием всех эксплуатационных возможностей станка, приспособления.

Аналитический расчет режимов резания по эмпирическим формулам с учетом всех поправочных коэффициентов производят по указанию преподавателя для четырех операций, например, для точения, сверления, шлифования, и т.д. Для остальных операций технологического процесса режимы резания устанавливают по таблицам нормативных справочников [23].

Порядок выбора режимов резания следующий [6, 21, 22, 24, 25]:

1. Уточняется марка инструментального материала.
2. В соответствии с установленным припуском на данный переход, жесткостью детали и условиями резания назначается глубина резания  $t$  в мм и число ходов  $i$ .

Следует назначать максимальную глубину резания при обеспечении заданной точности на операцию. В ряде случаев (при обдирке, черновой обработке или нежесткой детали) снятие припуска осуществляется за два или несколько рабочих ходов.

3. Учитывая шероховатость обрабатываемой поверхности детали, выбирается с помощью справочных таблиц величина подачи  $S$  мм/об (мм/зуб).

Следует отметить, что при обдирке и черновой обработке факторами при выборе подачи являются жесткость и прочность технологической системы, мощность станка.

4. По установленным величинам  $t$  и  $S$  для данного материала детали, режущего инструмента и принятой величины стойкости резца  $T$  с учетом поправочных коэффициентов по справочнику режимов резания определяется скорость резания  $V$ .

5. По найденной скорости резания  $V$  рассчитывается частота вращения детали  $n$ , а затем по паспорту станка подбираются ближайшая подача и частота вращения.

Обычно в паспортных данных станков, приводимых в каталогах, указываются только пределы подач и пределы частоты вращения, поэтому конкретный ряд подач или частот вращения можно определить с помощью коэффициентов геометрической прогрессии нормальных рядов подач или ступеней оборотов, например:

$$\varphi_S = k^{-1} \sqrt{\frac{S_{\max}}{S_{\min}}}; \quad \varphi_n = k^{-1} \sqrt{\frac{n_{\max}}{n_{\min}}};$$

где  $k$  – количество подач (ступеней оборотов).

- 6 По выбранным частотам вращения рассчитывается действительная скорость резания.

- 7 Для наиболее напряженного перехода проверяется соответствие принятого режима резания ( $t$ ,  $S$ ,  $V$ ) мощности электродвигателя станка [6].

Мощность электродвигателя станка должна быть на 10–20% больше потребной мощности.

После назначения режимов обработки для разрабатываемых операций технологического процесса необходимо рассчитать штучное время:

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{тех.об} + T_{орг.об} + T_{отд},$$

где  $T_o$  – основное время, мин;

$T_v$  – вспомогательное время, мин;

$T_{тех.об}$  – время на техническое обслуживание рабочего места, мин;

$T_{орг.об}$  – время на организационное обслуживание рабочего места, мин;

$T_{отд}$  – время на отдых и личные надобности, мин;

Для упрощения подсчета нормы штучного времени применяют следующую формулу:

$$T_{шт} = (T_o + T_v) \cdot \left(1 + \frac{K}{100}\right),$$

где  $K$  – суммарное число процентов для всех видов затрат на обслуживание и отдых,  $K \approx 6...12\%$ .

Величина основного машинного времени рассчитывается для каждого перехода по соответствующим формулам данного вида обработки. Величина вспомогательного времени устанавливается также для каждого перехода путем суммирования нормативных затрат времени по всем элементам операций или принимается укрупненно на операцию в зависимости от ее характера и содержания, типа оборудования, массы и типа детали и числа рабочих ходов. Эта величина приводится в таблицах справочников по техническому нормированию по видам обработки [23].

В серийном производстве необходимо учитывать подготовительно-заключительное время  $T_{п-з}$ , рассчитываемое на партию деталей  $n$ . Норму времени на операцию в условиях серийного производства называют штучно-калькуляционной нормой времени и определяют по формуле:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{n},$$

Размер партии деталей можно ориентировочно определить по следующей формуле:

$$n = \frac{\sum T_{п-з}}{\alpha \sum T_{шт}},$$

где  $\sum T_{n-3}$  – суммарное подготовительно-заключительное время на все операции технологического процесса, мин;

$\sum T_{шт}$  – суммарное штучное время на изготовление детали, мин ;

$\alpha$  – коэффициент допустимых потерь времени на переналадку оборудования,  $\alpha = 0,03...0,1$ .

Размер партии деталей должен быть кратным годовой программе выпуска, он не должен быть меньше сменной выработки деталей.

Элементы режимов обработки и результаты расчета штучного времени для каждой операции записываются в операционные карты.

### ***2.2.14 Разработка технологических карт наладок на технологические операции***

При разработке технологической документации на проектируемый технологический процесс; в зависимости от сложности операций, студент разрабатывает несколько технологических карт наладок и расчетно-технологическую карту (РТК). Расчетно-технологические карты (РТК) разрабатываются при обработке на станке с ЧПУ.

Технологическая карта-наладка представляет собой схему обработки заготовки на данной операции, закрепленную в приспособлении, а также режущий и вспомогательный инструменты. На карте обязательно должны быть показаны установочные и зажимные элементы приспособлений в точном соответствии с действительными условиями базирования и закрепления детали на данной операции. Режущие инструменты показываются в рабочем положении в конце рабочего хода и по своему внешнему виду должны соответствовать применяемым нормализованным конструкциям. Если необходимо, штриховой линией показывают и исходное положение инструмента. Если при обработке применяют последовательно несколько инструментов, то один из них показывают в конечном положении, а остальные – рядом в последовательности выполнения переходов. Сложный инструмент не следует вычерчивать полностью, достаточно, например, показать габариты и форму фрезы, два-три зуба и способ их крепления [3, 8].

Необходимо показать наладочные и операционные размеры с допусками, получаемые на данной операции; шероховатость обрабатываемых поверхностей; траекторию движения подачи, режущего инструмента или заготовки в процессе обработки. Обрабатываемые поверхности показываются линиями в 2-3 раза толще, чем остальные линии карты наладки. Траектории движений обозначают стрелками.

Эскиз наладки следует давать в одной или двух наиболее характерных проекциях. При многопереходной обработке на revolverных или многошпиндельных станках эскизы наладки выполняются для всех переходов, при этом установочные и зажимные элементы изображаются только на первом переходе обработки, если в процессе выполнения операции за-

готовка не переустанавливается.

На картах наладок приводятся результаты расчета элементов режима обработки и норм времени, данные о применяемом инструменте и приспособлениях; условно показываются рабочие упоры и направления основных движений. На картах также могут быть приведены особые технические требования к точности данной операции.

При разработке карт наладок на агрегатные станки необходимо показать схему расположения силовых головок и эскизы обработки детали на каждой позиции.

Для станков с ЧПУ разрабатываются расчетно-технологические карты наладок. РТК разрабатываются на основании операционной карты, схемы движения инструментов, карты наладки и содержит проект обработки детали на станке с ЧПУ в виде графического изображения траектории перемещения инструмента с необходимыми данными.

Деталь вычерчивается в прямоугольной системе координат станка, с указанием всех параметров, необходимых для программирования. В РТК вносится следующая информация: модель станка, тип системы ПУ, номер программы; номер базовой и опорной точки, либо приращение и импульсы; подача, частота вращения и направление вращения шпинделя для каждого участка перемещения инструмента; номер корректора с указанием оси перемещения; технологические команды [3, 4, 5, 8].

Эскизы обработки на картах наладок и РТК выполняются в произвольном масштабе, но с соблюдением размерных пропорций.

### ***2.2.15 Технико-экономическое обоснование варианта технологического процесса***

Основными оценками экономической эффективности процесса являются:

- 1) технологическая себестоимость операции;
- 2) сроки окупаемости капитальных вложений;
- 3) производительность труда.

Технико-экономическое обоснование ограничивается расчетами одной операции проектного технологического процесса и сравнением ее с существующей базовой технологией, рассчитанной по тем же нормативным материалам.

В процессе разработки технологического процесса студент обязан обеспечить получение необходимых свойств детали (форму, точность размеров, шероховатость поверхностей и т.п.) при минимальной себестоимости обработки детали.

Из большого количества возможных вариантов технологических операций необходимо выбрать оптимальный вариант, такой, который бы отвечал заданным условиям производства. Операция для экономического обоснования выбирается по согласованию с руководителем проекта.

### 2.2.15.1 Технологическая себестоимость

При сравнении технологических себестоимостей учитываются не все расходы производства на выполнение данной операции, а только те из них, которые заменяются при переходе от одного варианта обработки к другому. Целесообразно учитывать только главные расходы, которые зависят от технологических процессов, а второстепенными расходами для упрощения расчетов можно пренебрегать [6].

Технологическая себестоимость:

$$C_m = C_3 + C_9 + C_c + C_{ц},$$

где  $C_3$  – зарплата производственных рабочих при выполнении данной операции (основная и дополнительная с отчислениями на соцстрахование);

$C_9$  – эксплуатационные расходы на содержания оборудования и оснащения, которые приходятся на выполнение данной операции;

$C_c$  – расходы на содержания производственного помещения, которые приходятся на выполнение данной операции;

$C_{ц}$  – другие цеховые расходы.

Пример расчета технологической себестоимости с помощью программы Microsoft Office Excel приведен в таблице Е.1.

Составляющие технологической себестоимости методом прямого счета рассчитываются в такой последовательности.

*Зарплата производственных рабочих при выполнении данной операции:*

$$C_3 = \frac{t_{ум} l_{ч} K_{дон}}{60},$$

где  $t_{ум}$  – норма времени на операцию (для серийного и единичного типа производства это штучно-калькуляционное время, для массового – штучное время операции), мин;

$l_{ч}$  – часовая ставка рабочего, принятая по тарифной сетке, грн./ч;

$K_{дон}$  – коэффициент, который учитывает дополнительную зарплату и отчисление на социальное страхование,  $K_{дон} = 1,2-1,5$ .

*Эксплуатационные затраты на содержание оборудования и оснащения:*

$$C_9 = C_a + C_{эл} + C_{осн},$$

где  $C_a$  – расходы на амортизацию оборудования;

$C_{эл}$  – затраты на электроэнергию, которая используется для работы станка при выполнении данной операции;

$C_{осн}$  – расходы на технологическое оснащение.

*Затраты на амортизацию оборудования:*

$$C_a = \frac{aC_{об}\eta}{100N_z},$$

где  $a$  – норма амортизационных отчислений в процентах ( $a=7-20\%$ );

$C_{об}$  – балансовая стоимость оборудования, грн.;

$\eta$  – средний коэффициент загрузки оборудования;

$N_z$  – годовая программа запуска деталей, шт.

$$\eta = \frac{t_{ум}N_z}{60F},$$

где  $F$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования (для двусменной работы  $F=4015$  ч), ч.

*Затраты на электроэнергию:*

$$C_{эл} = \frac{N_{сум}t_{ум}K_{зв}K_{зм}C_{эл}}{60},$$

где  $N_{сум}$  – суммарная мощность электродвигателей оборудования, кВт;

$K_{зв}, K_{зм}$  – коэффициенты загрузки оборудования по времени и по мощности [6];

$C_{эл}$  – стоимость 1кВт/ч электроэнергии, грн.

*Затраты на технологическое оснащение:*

$$C_{осн} = C_{пр} + C_{ри},$$

где  $C_{пр}$  – расходы на содержание приспособлений;

$C_{ри}$  – расходы на режущий инструмент и малоценный инвентарь.

*Затраты на содержание приспособлений:*

$$C_{пр} = \frac{C_{пр}t_{ум}}{60T_zN_z}$$



где  $C_{np}$  – цена используемых приспособлений, грн.;

$T_{\varepsilon}$  – эксплуатационный срок использования приспособлений, лет.

*Затраты на режущий инструмент и малоценный инвентарь:*

$$C_{pi} = \left( \frac{(C_{pi} + P)K_m}{T_{pi}} + \frac{C_{mi}\mu}{60T_{mi}} \right) t_{um},$$

где  $C_{pi}$  – цена режущего инструмента, грн.;

$P$  – расходы на перетачивание за весь срок использования (25–40% от стоимости режущего инструмента), грн.;

$T_{pi}$  – стойкость режущего инструмента, мин.;

$K_m$  – коэффициент машинного времени;

$C_{mi}$  – цена малоценного инвентаря, грн.;

$\mu$  – коэффициент, который учитывает стоимость ремонта инвентарю за весь срок использования  $\mu = 1,1–1,4$ ;

$T_{mi}$  – срок использования инвентаря до полной непригодности, лет.

$$K_m = 1 + \frac{t_m}{t_{\varepsilon}},$$

где  $t_m$  – машинное время, мин.;

$t_{\varepsilon}$  – вспомогательное время, мин.

*Затраты на содержание производственного помещения:*

$$C_y = \frac{S\eta C_c}{N_{\varepsilon}},$$

где  $S$  – площадь помещения, на которой выполняется операция, м<sup>2</sup>;

$C_c$  – годовые расходы на содержание 1 м<sup>2</sup> площади помещения.

*Другие цеховые затраты*

Другие цеховые расходы – расходы, которые не могут быть рассчитаны прямым методом, а именно: зарплата ИТР, вспомогательного персонала, учеников станочников и т.п. Эти расходы рассчитываются пропорционально зарплате основных рабочих:

$$C_u = C_3 K_u,$$

где  $K_u$  – коэффициент, учитывающий другие цеховые расходы  $K_u = 1,5$ .

### 2.2.15.2 Срок окупаемости капитальных вложений

Для серийного производства необходимо учитывать только ту часть капитальных затрат, которая относится к изготовлению данной детали:

$$T_{ок} = \frac{Цоб_{пр} \eta_{пр} - Цоб_{баз} \eta_{баз}}{(C_{тех(баз.)} - C_{тех(проект.)}) N_z}$$

### 2.2.15.3 Производительность труда

Производительность труда оценивается по снижению трудоемкости обработки сравниваемых вариантов операции.

Процент снижения трудоемкости:

$$B = \left( \frac{t_{шт(баз.)} - t_{шт(проект.)}}{t_{шт(баз.)}} \right) \cdot 100$$

Рост производительности труда, %:

$$A = \frac{100B}{100 - B}.$$

## 2.2.16 Проектирование станочных приспособлений

Необходимо выполнить анализ применения существующих станочных приспособлений на каждой операции. Необходимо определить, на каких операциях следует заменить приспособления другими приспособлениями (стандартными), а на какие операции необходимо спроектировать новые приспособления [30, 31]. Анализ целесообразно занести в таблицу, в которой указываются: номер и наименование операции, схема или название существующего приспособления, критический анализ и предложения.

Конструирование приспособлений [27–29, 32–37, 41] следует начинать с формулировки технического задания, для выполнения которого проектируется данная конструкция, и основных эксплуатационных требований, которым она должна удовлетворять. Следует учитывать то, что станочное приспособление проектируется для класса деталей, одной из которых есть деталь-представитель. Поэтому спроектированное приспособление должно обеспечивать установку с необходимой точностью всех деталей данного класса из заданного узла. После этого окончательно формулируется основная идея и выбирается принципиальная схема конструкции.

При выборе принципиальной схемы приспособлений необходимо учитывать:

- конструктивные особенности оборудования, для которого проектируется приспособление, и условия его работы при выполнении данной операции (выбираются из паспорта станка);
- технические требования относительно базирования и закрепления детали (выбираются из чертежа детали-представителя и других деталей этого класса);
- максимальную механизацию приспособления;
- обеспечение необходимой точности обработки или сборки;
- обеспечение минимальных расходов вспомогательного времени при выполнении операции;
- обеспечение наибольшей производительности при наименьшей сложности и стоимости приспособления;
- максимальное использование нормализованных узлов и деталей в конструкции приспособления;
- возможность скорой переналадки приспособления для обработки подобных деталей.

Проектирование приспособлений обычно проводится в два этапа:

- разрабатывается принципиальная схема базирования и закрепления детали;
- конструктивно оформляются элементы приспособления и его общая компоновка.

В условиях производства первый этап выполняется технологом при разработке технологического процесса изготовления детали, а второй конструктором из оснащения отдела главного технолога. В условиях курсового проектирования задания обоих этапов самостоятельно решаются студентами.

**Методика проектирования** приспособлений заключается в следующем:

1) определяют тип и размер установочных элементов, максимальное количество, взаимное расположение и рассчитывают установки, которые составляют погрешности (с учетом схемы базирования, точности и шероховатости базовых поверхностей);

2) исходя из заданной производительности операции, типа производства, точности изготовления заготовки и конструктивных особенностей, определяют систему приспособления (УБП, УНП, СНП, СРП, НСП) и его тип (одно- или многоместное, одно- или многопозиционное);

3) по внешним силам, которые действуют на заготовку, и выбранным схемам установки составляется схема действия сил на деталь, выбирается место, приложение и направление силы закрепления, рассчитывается ее величина. Рассчитывается погрешность закрепления;

4) зная силу закрепления и количество мест ее приложения, выбирают тип зажимного механизма, рассчитывают его основные параметры и величину необходимой начальной силы привода;

5) по силе на приводе и времени на закрепление и открепление детали выбирают тип силового привода, рассчитывают его размеры и по нормам и стандартам выбирают их размеры;

6) устанавливают тип и размеры элементов для определения положения и направления режущего инструмента;

7) выбирают вспомогательные устройства, определяют их конструкцию, размеры, расположение;

8) разрабатывают общий вид приспособления и определяют точность его исполнительных размеров;

9) рассчитывают на прочность наиболее нагруженные элементы приспособлений.

10) разрабатывается техническое описание, которое включает:

- назначение станочного приспособления, а также состав важнейших узлов и деталей;

- описание конструкции станочного приспособления;

- описание принципа действия станочного приспособления;

11) разрабатываются и рассчитываются технические характеристики и технические требования.

К важнейшим техническим характеристикам относятся:

- диапазон габаритных размеров устанавливаемой заготовки;

- величина силы закрепления;

- точность установки заготовки;

- величина перемещения рабочих органов при закреплении заготовки;

- параметры энергии, подводимой к приводу приспособления;

- исполнение станочного приспособления.

К важнейшим техническим требованиям относятся:

- расчетные параметры точности расположения разных поверхностей, которые определяют положение заготовки;

- расчетные параметры точности перемещения различных деталей приспособления;

- расчетные параметры при испытании приспособления;

- маркировка приспособления;

- периодичность смазывания узлов;

- консервирование и транспортировка приспособления (в случае необходимости).

В случае необходимости рассчитывают экономическую эффективность разработанной конструкции приспособления.

После выполнения необходимых расчетов начинают выполнять общий вид приспособления, который разрабатывают методом последовательного вычерчивания отдельных его элементов в определенном порядке:

- выполняют чертеж обрабатываемой детали в трех проекциях (реже в двух) на необходимом расстоянии один от другого с тем, чтобы поместились проекции приспособлений;

- наносят на чертеж элементы приспособления для направления инструмента;

- вычерчивают установочные элементы приспособления так, чтобы базовые поверхности детали соприкасались с ними;
- вычерчивают зажимные механизмы и приводы;
- наносят вспомогательные устройства и детали;
- конструктивно оформляют корпус приспособления с учетом удобного размещения элементов;
- оформляют чертеж приспособления. Проставляют размеры и допуски, составляют спецификацию деталей с указанием материала, термообработки, стандартов и нормалей. Указывают технические требования к сборке приспособлений и основные характеристики приспособления (при необходимости).

На общем виде приспособления должны быть проставлены следующие размеры:

1 Установочные размеры:

- размеры, точность которых влияет на погрешность размеров обрабатываемой детали;
- размеры соединения и монтажные зазоры, которые определяют расположение и условия работы отдельных механизмов.

2 Присоединительные размеры:

- размеры, которые определяют точность установки приспособления на металлорежущих станках;
- размеры, которые определяют точность установки заготовки на приспособление.

3 Габаритные и справочные размеры.

Сборочные чертежи приспособлений обычно выполняют в масштабе 1:1 (за исключением приспособлений для крупных и мелких деталей). Они должны содержать достаточное количество видов, разрезов, которые необходимы для полного понимания конструкции проектируемого приспособления и дают представление о расположении и взаимной связи составных частей, которые соединяются по данному чертежу и обеспечивают возможность сборки и контроля приспособления.

Выполнение сборочного чертежа приспособления должно проводиться в соответствии с ЕСКД.

В том случае, когда в курсовом проекте предусматривается использовать приспособление, которое уже есть на предприятии, где студент проходил практику, это приспособление модернизируется. Работы по модернизации и усовершенствованию конструкции должны выполняться на базе тщательного анализа существующего приспособления и с учетом ранее изложенных требований, которые выдвигаются к приспособлениям.

Следует иметь в виду, что простое копирование заводских конструкций приспособлений без внесения в них целесообразных изменений **не допускается**.

Методика разработки других рабочих приспособлений (для сборки, сварки и т.п.) принципиально не отличается от изложенной выше. Однако

при их конструировании необходимо учитывать специфичность их назначения и особые требования к их конструкции.

### **2.2.17 Проектирование контрольно-измерительных приспособлений**

Для одной из операций технологического процесса или для операции окончательного контроля в курсовом проекте студент должен разработать контрольно-измерительные приспособления (специальный измерительный инструмент) или РТК для операции контроля на координатно-измерительных машинах.

Контрольные приспособления и измерительный инструмент проектируют и применяют для измерения или контроля следующих параметров:

- разных линейных и диаметральных размеров;
- точности взаимного положения отдельных поверхностей деталей или отдельных деталей сборочной единицы;
- отклонений от правильной геометрической формы деталей;
- точности параметров зацепления зубчатых колес;
- правильности работы сборочных агрегатов, механизмов, машин и т. д.

Студент должен разработать чертеж общего вида конструкции приспособления, составить спецификацию всех входящих в нее сборочных единиц и деталей, технические условия на сборку и установку приспособления на рабочей позиции, а также техническую характеристику приспособления.

Чтобы применение спроектированного приспособления было целесообразным и эффективным, оно должно удовлетворять ряду требований [34]:

- каждое приспособление по своей конструкции и принятому методу измерения или контроля должно находиться в строгой, органической увязке с установленным технологическим процессом и требованиям чертежа;
- контрольные приспособления (инструменты) должны обеспечивать оптимальную точность измерения или контроля;
- производительность контрольных приспособлений (измерительных инструментов) должна удовлетворять условиям их применения, определяемых масштабом производства и организации технического контроля (выборочным или сплошным контролем);
- конструкция контрольного приспособления (измерительного инструмента) должна обеспечить удобство пользования им и простоту его эксплуатации;
- применение контрольного приспособления (инструмента) должно быть технически и экономически обоснованным.

Методика проектирования контрольных приспособлений аналогична методике проектирования рабочих приспособлений.

- 1) разработка возможных схем измерения заданного геометрического параметра на заготовке, выбор рациональной схемы измерения;
- 2) согласно с выбранной схемой измерения разработка нескольких возможных теоретических схем базирования заготовки, их анализ, определение погрешностей базирования, выбор установочных элементов;
- 3) разработка схемы КИП, выбор его элементов;
- 4) разработка конструкции КИП;
- 5) расчет жесткости ответственных элементов;
- 6) нахождение всех цепей, в которых возникают погрешности измерения, расчет кинематических, температурных погрешностей и погрешностей отсчета, расчет общей погрешности измерения КИП;
- 7) разработка общего уравнения для расчета погрешности КИП;
- 8) расчет допусков в соединяемых деталях, определение точности измерения;
- 9) разработка технического описания КИП, технических характеристик, технических требований и спецификации.

При необходимости следует выполнить расчет экономической целесообразности применения спроектированной конструкции. В случае проектирования контрольного инструмента (гладких, резьбовых, комплексных шлицевых калибров и т.п.) в записке должны быть приведены размерные цепи для расчета его исполнительных размеров.

### ***2.2.18 Разработка средств механизации и автоматизации технологического процесса***

При выполнении курсового проекта необходимо уделять самое серьезное внимание вопросам механизации и автоматизации разрабатываемого технического процесса [38–40].

Для этой цели необходимо проанализировать условия работы цеха (участка) и технологический процесс с точки зрения возможностей сокращения или полного исключения тяжелых и трудоемких ручных работ и повышения производительности труда с помощью механизированных и автоматизированных технических средств, экономически оправданных в заданных производственных условиях. Это должно касаться не только оборудования и оснастки основного процесса изготовления детали, но и таких вспомогательных работ, как межоперационное транспортирование деталей и заготовок, транспортирование деталей и заготовок в рабочую зону станка, выполнение контрольных операций, уборка стружки, смена инструментов и т.п.

В первую очередь должен быть решен вопрос механизации транспортных операций. Транспортные устройства должны обеспечивать своевременную подачу заготовок к рабочим местам и передачу заготовок в рабочую зону станка без простоев оборудования. Выбор транспортных устройств необходимо связывать с масштабами и типом производства. В

условиях или крупносерийного производства рекомендуются, как правило, транспортные устройства непрерывного действия – конвейеры различных типов, а также транспортеры, лотки и склизы, т.е. транспортные средства с использованием гравитационного эффекта. В условиях серийного производства рационально использовать электрокары, электропогрузчики, пневматические или электромеханические подъемники, кран-балки. Для транспортировки деталей и заготовок в рабочую зону станков используются бункерные загрузочные устройства различного типа, автооператоры, роботы-манипуляторы.

Не менее важным вопросом является механизация таких ручных работ, как полирование, притирка поверхностей, зачистка заусенцев, скругливание кромок. В этом случае следует выбирать средства так называемой «малой механизации» или использовать специальные технологические стенды.

Особое внимание следует обратить на автоматизацию контроля массовых деталей и крупных сложных деталей (корпусов, валов, дисков и др.). Автоматизация контроля должна осуществляться по трем направлениям в зависимости от характера деталей:

- а) создание контрольных автоматов для массовых и мелких деталей;
- б) использование измерительных машин, специальных стендов и приспособлений для деталей;
- в) использование средств активного контроля для деталей простых форм, но требующих высокой точности обработки.

При конструировании приборов и приспособлений для автоматического контроля в серийном производстве необходимо обеспечить возможность их быстрой перестройки при изменении объекта производства.

Все разрабатываемые устройства для механизации элементов технологического процесса должны оцениваться по их экономической эффективности, а также по техническому совершенству на основе расчета коэффициента автоматизации.

### ***2.2.19 Специальная научно-исследовательская часть проекта***

Специальная часть является обязательным разделом каждого курсового проекта и предназначена для повышения качества подготовки инженеров-механиков по технологии машиностроения.

Тема специальной части должна быть непосредственно связана с темой курсового проекта и является углубленной проработкой теоретических положений, лежащих в основе практических проработок, или должна быть посвящена научно-исследовательской, либо проектно-конструкторской работе.

Специальное задание к курсовому проекту может, разрабатываться по следующим основным направлениям:

- а) выполнение работы по тематике, разрабатываемой кафедрой или



отделами заводов и направленной на исследование или внедрение (освоение) новых, прогрессивных технологических процессов;

б) разработка оригинальных конструкций высокопроизводительной оснастки (отдельных узлов оборудования, приспособлений для обработки или сборки, обрабатывающих инструментов или устройств, мерительных приспособлений и др.) и их технико-экономическое обоснование;

в) глубокая проработка одного из технологических вопросов дипломного проекта, связанных с повышением качества изделий при выполнении отделочных операций, автоматизацией процессов обработки и др.

Кроме этого, по специальной части проектов могут выдаваться задания, связанные с расчетами или теоретическими исследованиями различных технологических процессов, узлов механизмов, оборудования, технологической оснастки и т.п., с созданием новых инженерных методов расчета узлов, устройств и т. д.

Поскольку специальная часть предусматривает углубленную проработку одной из актуальных задач проекта, то при ее разработке должен быть выполнен подробный анализ патентных материалов и литературных данных по рассматриваемой проблеме.

Объем специальной части должен составлять 10...15% общего объема дипломного проекта. Однако в случае разработки технологического оснащения для обработки деталей-представителей машины (узла) допускается объединять специальную часть и конструкторско-технологическую части проекта. В этом случае объем специальной части может быть увеличен до 20...25%.

#### ***2.2.20 Разработка требований техники безопасности, эргономики и экологии***

В данном разделе проекта необходимо отразить следующие вопросы:

- требования безопасности к оградительным и предохранительным устройствам;
- борьба с шумом, вибрациями и пылью;
- защита от металлической стружки;
- организация пожарной охраны на участке, пожарные требования к технологическому процессу;
- методы и средства тушения возможных очагов пожаров.

Рассматриваемые вопросы достаточно подробно освещены в специальной литературе [42], при необходимости они должны сопровождаться соответствующими расчетами, схемами, обоснованиями.

Содержание этого раздела должно быть органически связано со всеми разделами индивидуального или комплексного проекта.

### **2.2.21 Выводы**

В заключении проекта необходимо привести технико-экономическую оценку разработок. Необходимо указать, что нового внес студент в разработанный технологический процесс по сравнению с базовым вариантом. Следует отметить, какие, с точки зрения студента, разделы проекта выполнены наиболее удачно и оригинально, указать, какие новые результаты (повышение производительности, снижение себестоимости, уменьшение ручного труда и т.д.) получены в результате проектирования технологического процесса. Желательно дать рекомендации по дальнейшему развитию разработанного техпроцесса и о перспективах внедрения предлагаемого варианта технологического процесса или отдельных его разделов в производство.

### **2.2.22 Оформление материалов курсового проекта**

Законченный курсовой проект, представляемый к защите, должен состоять из расчетно-пояснительной записки и графической части проекта.

#### **2.2.22.1 Порядок составления расчетно-пояснительной записки**

Расчетно-пояснительная записка оформляется в соответствии с общими требованиями к текстовым документам по ГОСТ 2.105-68, а ее объем не должен превышать 50...60 с. Текстовую часть записки пишут от руки или выполняют с помощью текстового редактора Microsoft Office Word на бланках формата А4 с рамкой и основной надписью, оформленной по ГОСТ 2.106-68.

Пояснительная записка должна отличаться краткостью и ясностью изложения, содержать необходимые рисунки, схемы, и эскизы, быть выполнена грамотно и аккуратно, в логической последовательности отражать принятые в проекте решения.

Приводимые формулы и численные расчеты должны сопровождаться указаниями на принятые обозначения, при этом единицы всех величин должны быть даны в международной системе единиц (СИ). При обработке статистических и экспериментальных данных, выполнении технологических, экономических, конструкторских и других расчетов необходимо использовать ЭВМ в вычислительном классе кафедры или вычислительного центра академии, а полученные результаты аккуратно вклеивать в пояснительную записку.

Все сокращения и условные обозначения единиц измерения должны соответствовать общепринятым стандартам.

При использовании литературных данных в тексте записки должна

быть дана ссылка на них, заключенная в квадратные скобки, с указанием источника по прилагаемому списку литературы.

Правила оформления расчетно-пояснительной записки более подробно изложены в соответствующих методических указаниях [9].

Расчетно-пояснительная записка должна исчерпывающе освещать все основные вопросы курсового проекта, а порядок расположения в ней материала должен быть примерно следующим:

а) титульный лист с подписями автора проекта, руководителя и консультантов;

б) заполненный и утвержденный бланк задания на курсовое проектирование;

в) реферат;

г) содержание;

д) введение, в котором излагаются общее современное состояние отрасли, по которой разрабатывается курсовой проект, и перспективы ее развития; общие технико-экономические соображения, положенные в основу курсового проекта;

е) технологическая часть проекта;

ж) конструкторско-технологическая часть проекта;

з) специальная часть проекта;

и) выводы;

к) перечень ссылок;

л) приложения.

Порядок изложения материала в каждом разделе курсового проекта должен соответствовать его расположению в соответствующих разделах данного учебного пособия, а его объем должен быть согласован с руководителем курсового проекта.

#### *2.2.22.2 Оформление графической части проекта*

Качество графической части проекта и его внешний вид во многом зависят от соблюдения правил, установленных в стандартах Единой системы конструкторской документации.

Все чертежи проекта, как правило, выполняются черным карандашом. Размеры форматов, условные обозначения, проекции, надписи, масштабы толщины линий должны строго соответствовать требованиям ЕСКД (ГОСТ 2.301–68 и др.). Каждый лист графической части проекта должен иметь штамп установленной формы с подписями студента и руководителя.

#### *2.2.22.3 Оформление технологической документации*

В курсовом проекте для оформления разработанных технологических процессов в зависимости от типа и характера производства

(ГОСТ 3.1102–81) применяются следующие виды технологических документов общего и специального назначения (см. приложение Ж):

а) маршрутная карта – документ, содержащий описание технологического процесса изготовления изделия, включая контроль и перемещение по всем операциям различных видов в технологической последовательности с указанием данных об оборудовании, оснастке, материальных и трудовых нормативах;

б) операционная карта - документ, содержащий описание технологической операции с указанием переходов, режимов обработки и данных о средствах технологического оснащения;

в) карта эскизов - документ, содержащий эскизы, схемы и таблицы, необходимые для выполнения технологического процесса, операции или перехода; изготовления изделия, включая контроль и перемещение. Оформление карт эскизов по ГОСТ 3.1105–84.

Маршрутная карта является обязательным документом, и ее заполнений должно осуществляться в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1404–86 и ГОСТ 3.1118–82. Номера операций и переходов следует нумеровать арабскими цифрами. Рекомендуются нумеровать операции в технологической последовательности через пять, например, 005, 015,...,100. Переходы следует нумеровать в технологической последовательности: 001, 002, 003 и т. д.

Операционные карты механической обработки составляются по формам 1 и 1а, а их графы заполняют в соответствии с ГОСТ 3.1404–86 и ГОСТ 3.1118–82. Графы, имеющие в своем содержании номера цеха и участка, в дипломном проекте можно не заполнять.

На 4 операции механической обработки следует выполнить операционные эскизы с применением AutoCADa или других графических пакетов [26].

Все разработанные технологические документы должны быть скомплектованы и сброшюрованы с пояснительной запиской. Документы по сборке и механической обработке комплектуются в следующей последовательности: маршрутные карты; карты эскизов, операционные карты.

## Перечень рекомендуемых источников

- 1 Технология машиностроения (специальная часть) : учебник / А. А. Гусев [и др.]. – М. : Машиностроение, 1986. – 480 с.
- 2 Технология машиностроения. В 2 т. Т. 2 : Производство машин / под ред. Г. Н. Мельникова. – М. : МГТУ им. Баумана, 2001. – 640 с. – ISBN 5-7038-1285-2.
- 3 Проектирование технологии автоматизированного машиностроения : учебник. / под ред. Ю. М. Соломенцева – 2-е изд. испр. – М. : Высшая школа, 1999. – 340 с. – ISBN 5-06-003599-9.
- 4 **Руденко, П. А.** Проектирование технологических процессов в машиностроении. / П.А. Руденко. – К. : Вища школа, 1985. – 255 с.
- 5 Справочник технолога-машиностроителя : В 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – Т. 1. – 495 с.
- 6 Справочник технолога-машиностроителя : В 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – Т. 2. – 496 с.
- 7 Теоретичні основи технології виробництва деталей і складання машин: метод. вказівки до практичних занять (для студентів спеціальності «Технологія машинобудування») / уклад.: С. В. Ковалевський, С. Г. Онищук, Ю. Б. Борисенко. – Краматорськ : ДДМА, 2008. – 28 с.
- 8 **Худобин, Л. В.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения / Л.В. Худобин [и др.] – М. : Машиностроение , 1989. – 288 с.
- 9 Методические указания для студентов всех специальностей. Структура и правила оформления текстовых документов / В. М. Гах. – Краматорск : ДГМА, 1999. – 33 с.
- 10 Технологичность конструкций изделий : справочник / Т. К. Алекферова, Б. Д. Амиров, П. Н. Волков [и др.]. – М. : Машиностроение, 1985. – 368 с.
- 11 **Новиков, Н. П.** Основы технологии сборки машин и механизмов / Н. П. Новиков – М. : Машиностроение, 1980. – 592 с.
- 12 **Солонин, И. С.** Расчет сборочных и технологических размерных цепей / И. С. Солонин, С. И. Солонин. – М. : Машиностроение, 1980. – 110 с.
- 13 Сборка и монтаж изделий в машиностроении : справочник : В 2 т./ под ред. В. С. Корсакова, В. К. Замятина. – М. : Машиностроение, 1983. – Т. 1. – 480 с.
- 14 **ГОСТ 7062-79.** Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на прессах. Припуски и допуски. – Взамен ГОСТ 7062-67 ; Введен 01.01.81. – М. : Изд-во стандартов, 1979. – 48 с.
- 15 **ГОСТ 7505-89.** Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Взамен ГОСТ 7505-74 ; Введен 01.07.90. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 52 с.

16 **ГОСТ 26645-85.** Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. – Взамен ГОСТ 1855-55 и ГОСТ 2009-55; Введен 01.07.88. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 48 с.

17 **ГОСТ 7829-70.** Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на молотах. Припуски и допуски. – Взамен ГОСТ 7829-55; Введен 01.01.71. – М. : Изд-во стандартов, 1970. – 40 с.

18 **Косилова, А. Г.** Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении : справочник / Косилова А. Г. , Мещеряков Р. К. , Калинин М. Н. – М. : Машиностроение, 1976. – 288 с.

19 Методические указания к практическим занятиям по дисциплине "Теоретические основы технологии производства деталей и сборки машин" (для студентов специальностей 7.090202). Определение припусков опытно-статистическим методом // С.Г. Онищук, Ю.Б. Борисенко. – Краматорск : ДГМА, 2006. – 32 с.

20 **Ковалевський, С. В.** Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом // С.В. Ковалевський [і ін.]. – Краматорськ : ДДМА, 2005. – 72 с. – ISBN 966-7851-71- 01.

21 Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Ч. 1 : Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, сверлильные, строгальные, долбежные и фрезерные станки. – М. : Машиностроение, 1974. – 416 с.

22 Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Ч. 2 : Зуборезные, горизонтально-расточные, резьбонакатные и отрезные станки. – М. : Машиностроение, 1974. – 200 с.

23 Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для нормирования станочных работ. Серийное производство. – М. : Машиностроение, 1974. – 421 с.

24 **Дьяконов, В.** MathCAD / В. Дьяконов. – СПб. : Питер, 2001. – 624 с.

25 **Долженков, В. А.** Microsoft Excel 2000 / В. А. Долженков. – СПб. : БХВ-Петербург, 2001. – 1088 с.

26 **Алексеев, А.** AutoCAD 2000 / А. Алексеев. – СПб. : Питер, 2001. – 688 с.

27 **Белоусов, А. П.** Проектирование станочных приспособлений / А. П. Белоусов. – М. : Высшая школа, 1980. – 240 с.

28 **Горохов, В. А.** Проектирование и расчет приспособлений: учебн. пособие / В. А. Горохов. – Мн. : Высш. школа, 1986. – 238 с.

29 **Корсаков, В. С.** Основы конструирования приспособлений в машиностроении / В. С. Корсаков. – М. : Машиностроение, 1987. – 277 с.

30 Станочные приспособления. Справочник : В 2 т. / под ред.

Б. Н. Вардашкина и А. А. Шатилова. – М. : Машиностроение, 1984. – Т. 1. – 591 с.

31 Станочные приспособления. Справочник : В 2 т. / под ред. Б. Н. Вардашкина и А. А. Шатилова. – М. : Машиностроение, 1984. – Т. 2. – 655 с.

32 **Ансеров, М. А.** Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – Л. : Машиностроение, 1975. – 656 с.

33 **Кузнецов, Ю. И.** Оснастка для станков с ЧПУ : справочник / Ю. И. Кузнецов, А. Р. Маслов, А. Н. Брайков. – М. : Машиностроение, 1983. – 359 с.

34 Учебное пособие по дисциплине «Технологическая оснастка» для студентов специальностей 7.090202, 7.090203 дневной и заочной форм обучения. Проектирование станочных приспособлений / сост. : В. В. Скибин, В. С. Медведев. – Краматорск : ДГМА, 2008. – 20 с.

35 Методическое пособие по дисциплине «Проектирование технологической оснастки» для студентов специальностей 7.090202 и 7.092003. Силовой расчет станочных приспособлений. / сост. В. В. Скибин. – Краматорск : ДГМА, 2008. – 44 с.

36 Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Проектирование технологической оснастки». Раздел «Расчет точности станочных приспособлений» / сост. В. В. Скибин, В. С. Медведев. – Краматорск : ДГМА, 2008. – 19 с.

37 Методические указания к практическому занятию «Методика проектирования приспособлений по дисциплине «Проектирование технологической оснастки» / сост. В. В. Скибин, В. С. Медведев. – Краматорск : ДГМА, 2008. – 20 с.

38 **Волчкевич, Л. И.** Комплексная автоматизация производства / Л. И. Волчкевич. – М. : Машиностроение, 1983. – 269 с.

39 **Малов, А. Н.** Загрузочные устройства для металлорежущих станков / А. Н. Малов. – М. : Машиностроение, 1972. – 400 с.

40 Активный контроль в машиностроении: справочник /под ред. Е. И. Педя. – М. : Машиностроение, 1978. – 352 с.

41 **Кузнецов, Ю. И.** Технологическая оснастка для станков с ЧПУ и промышленных роботов / Ю. И. Кузнецов. – М. : Машиностроение, 1987. – 112 с.

42 Справочная книга по охране труда в машиностроении / под ред. О. Н. Русака. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1989. – 541 с.

## **Приложение А**

### **Правила записи операций и переходов (по ГОСТ 3.1702-79)**

Наименование операции обработки резанием должно отображать вид оборудования, которое используется, и записывается в соответствии с таблицей А.1

Запись содержания операций следует выполнять в форме маршрутного или операционного описания.

Маршрутное описание содержания операции следует применять в единичном и опытном производстве на соответствующих формах маршрутных карт (МК). Операционное описание содержания операции следует применять в серийном и массовом производстве. Допускается применять операционное описание отдельных операций в единичном и опытном производстве.

В содержании операции должны быть отображены все необходимые действия, которые выполняются в технологической последовательности исполнителем или исполнителями, по обработке изделия или его составляющих частей на одном рабочем месте. В случае выполнения на данном рабочем месте других видов работ (кроме обработки резанием), которые выполняются другими исполнителями, их действия также следует отображать в содержании операции (например, «Контроль ОТК»).

В содержание операции (перехода) должно быть включено:

- ключевое слово, которое характеризует метод обработки, выраженное глаголом в неопределенной форме (вальцевать, врезаться, галтовать, гравировать, довести, долбить, закруглить, заточить, затыловать, зенкеровать, зенковать, навить, накатать, нарезать, обкатать, опилить, отрезать, подрезать, полировать, притереть, приработать, протянуть, развернуть, развальцевать, раскатать, рассверлить, расточить, сверлить, строгать, суперфинишировать, точить, хонинговать, шевинговать, шлифовать, цековать, центрировать, фрезеровать);
- наименование обрабатываемой поверхности, конструктивных элементов или предметов производства (буртик, выточка, галтель, деталь, заготовка, зуб (зубья), канавка, контур, лыска, отверстие, паз, поверхность, пружина, резьба, рифление, ступень, сфера, торец, фаска, червяк, цилиндр);
- информация о размерах или их условные обозначения;
- дополнительная информация, которая характеризует количество одновременно или последовательно обрабатываемых поверхностей, характер обработки (предварительно, одновременно, окончательно, по копиру, по программе, последовательно, с подрезанием торца, согласно чертежу, согласно эскизу).

При записи содержания операции допускается полная или сокращенная форма записи. Полную запись следует выполнять при отсутствии графических изображений и для комплексного отображения всех действий, которые выполняются исполнителем или исполнителями.



Таблица А.1 – Операции для обработки резанием

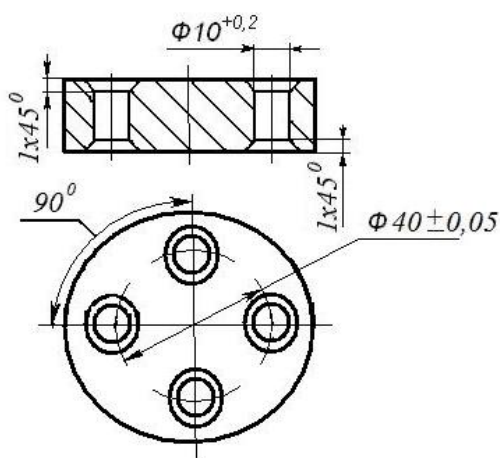
Наименование операции	Наименование операции
1 Автоматно-линейная	39 Фрезерная с ЧПУ
2 Агрегатная	40 Шлифовальная с ЧПУ
3 Долбежная	41 Вертикально-протяжная
4 Зубодолбежная	42 Горизонтально-протяжная
5 Зубозакругляющая	43 Алмазно-расточная
6 Зубонакатная	44 Вертикально-расточная
7 Зубообкатывающая	45 Горизонтально-расточная
8 Зубоприрабатывающая	46 Координатно-расточная
9 Зубопритирочная	47 Болтонарезная
10 Зубопротяжная	48 Гайконарезная
11 Зубострогальная	49 Резьбонакатная
12 Зуботокарная	50 Вертикально-сверлильная
13 Зубофрезерная	51 Горизонтально-сверлильная
14 Зубохонинговальная	52 Координатно-сверлильная
15 Зубошевинговальная	53 Радиально-сверлильная
16 Зубошлифовальная	54 Сверлильно-центровальная
17 Специальная зубообрабатывающая	55 Поперечно-строгальная
	56 Продольно-строгальная
18 Шлиценакатная	57 Автоматная токарная
19 Шлицестругальная	58 Вальцетокарная
20 Шлицефрезерная	59 Лоботокарная
21 Комбинированная	60 Резьботокарная
22 Виброабразивная	61 Специальная токарная
23 Галтовочная	62 Токарно-бесцентровая
24 Доводочная	63 Токарно-винторезная
25 Опиловочная	64 Токарно-затыловочная
26 Полировальная	65 Токарно-карусельная
27 Притирочная	66 Токарно-копировальная
28 Суперфинишная	67 Токарно-револьверная
29 Хонинговальная	68 Торцеподрезная центровальная
30 Абразивно-отрезная	69 Барабанно-фрезерная
31 Ленточно-отрезная	70 Вертикально-фрезерная
32 Ножовочно-отрезная	71 Горизонтально-фрезерная
33 Пило-отрезная	72 Гравировально-фрезерная
34 Токарно-отрезная	73 Карусельно-фрезерная
35 Фрезерно-отрезная	74 Копировально-фрезерная
36 Расточная с ЧПУ	75 Продольно-фрезерная
37 Сверлильная с ЧПУ	76 Резьбофрезерная
38 Токарная с ЧПУ	77 Специальная фрезерная

Продолжение таблицы А.1

Наименование операции	Наименование операции
78 Универсально-фрезерная	88 Ленточно-шлифовальная
79 Фрезерно-центровальная	89 Обдирочно-шлифовальная
80 Шпоночно-фрезерная	90 Плоскошлифовальная
81 Бесцентрово-шлифовальная	91 Резьбошлифовальная
82 Вальцешлифовальная	92 Торцешлифовальная
83 Внутришлифовальная	93 Центрошлифовальная
84 Заточная	94 Шлифовальная специальная
85 Карусельно-шлифовальная	95 Шлифовально-затыловочная
86 Координатно-шлифовальная	96 Шлицешлифовальная
87 Круглошлифовальная	

Сокращенную запись следует выполнять при наличии графических изображений, которые достаточно полно отображают всю необходимую информацию по обработке резанием. В этом случае в записи содержания операции дополнительная информация не указывается.

Например:



Полная запись:

Сверлить 4 сквозных отверстия с последующим зенкерованием фасок, выдерживая  $d=10^{+0,2}$ ,  $d=40\pm 0,05$ ,  $\angle 90^\circ\pm 30''$  и  $1\times 45^\circ$ , согласно чертежу.

Сокращенная запись:

Сверлить 4 отв.  $d=10^{+0,2}$ , зенкеровать фаски  $1\times 45^\circ$ , согласно чертежу.

При записи содержания перехода допускается полная или сокращенная форма записи.

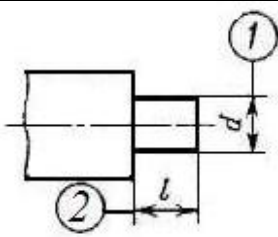
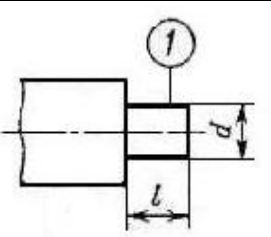
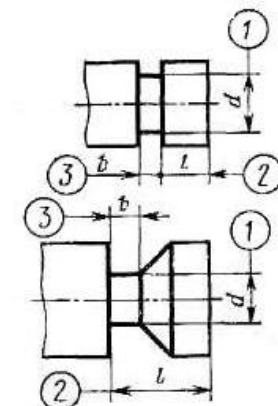
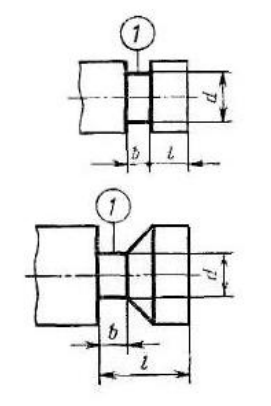
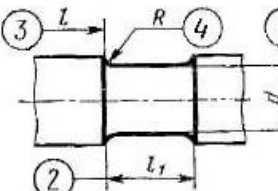
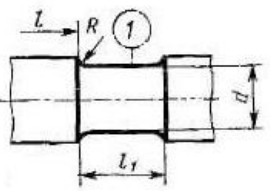
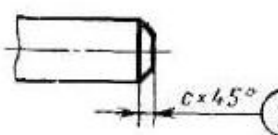
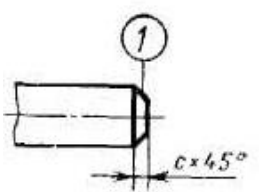
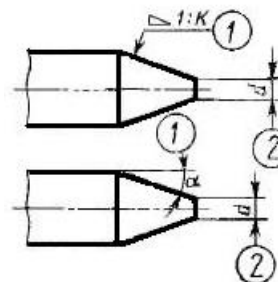
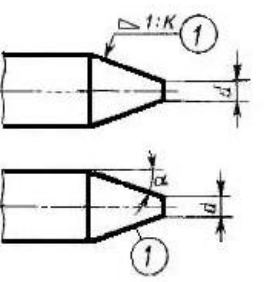
Полную запись следует выполнять при необходимости перечисления всех размеров, которые выдерживаются. Данная запись характерна для промежуточных переходов, которые не имеют графических иллюстраций. В этом случае в записи содержания перехода следует указывать исполнительные размеры с их предельными отклонениями.

Например, «Точить поверхность, выдерживая  $d = 40_{-0,34}$  и  $l = 100 \pm 0,6$ ».

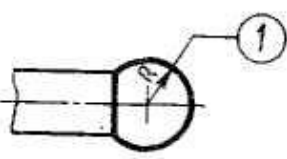
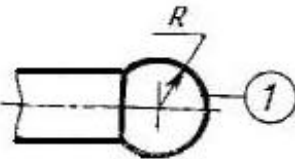
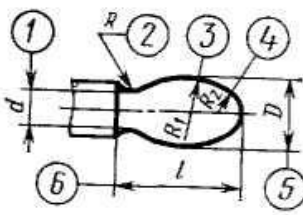
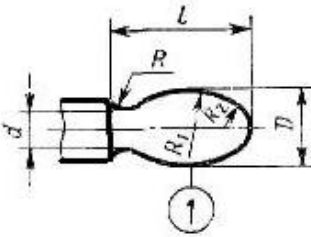
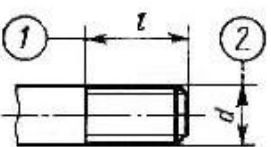
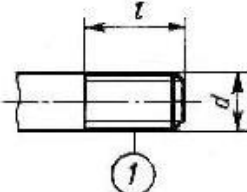
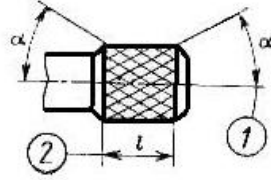
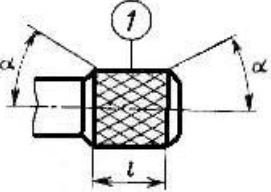
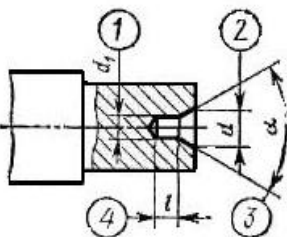
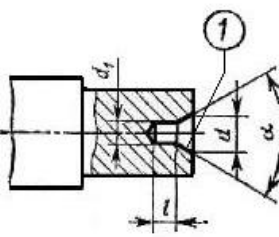
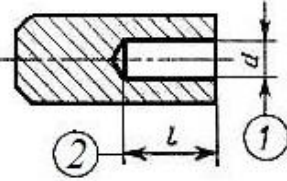
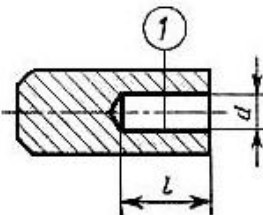
Сокращенную запись следует выполнять при условии ссылки на условное обозначение конструктивного элемента обрабатываемого изделия. Данная запись выполняется при достаточной графической информации. Например, «Точить канавку 1».

Запись содержания перехода следует выполнять в соответствии с таблицей А.2.

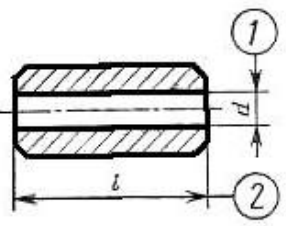
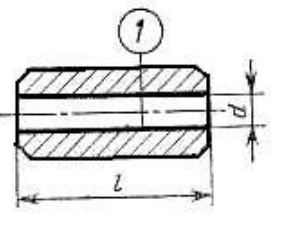
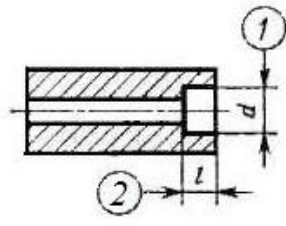
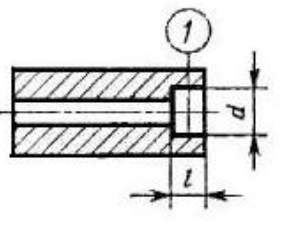
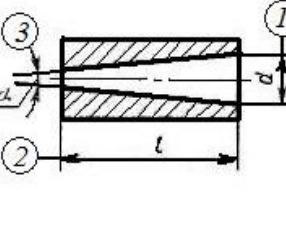
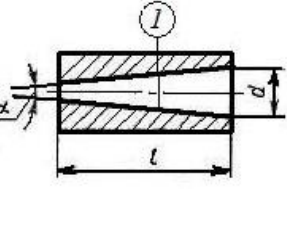
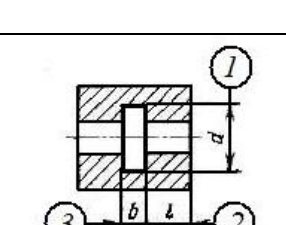
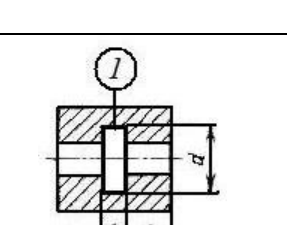
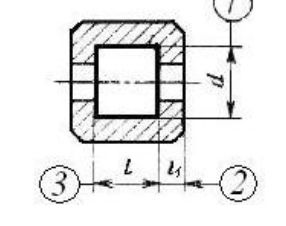
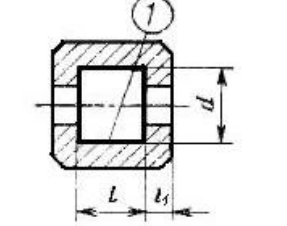
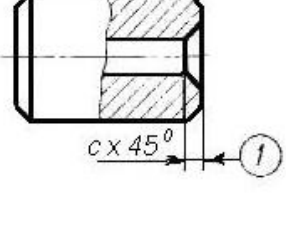
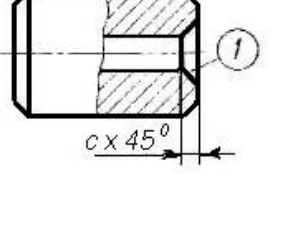
Таблица А.2 – Примеры полной и сокращенной записи переходов обработки резанием

Эскиз	Запись перехода полная	Эскиз	Запись перехода сокращенная
1	2	3	4
	Точить (шлифовать, притереть, полировать и т.п.) поверхность, выдерживая размеры 1 и 2		Точить (шлифовать, притереть, полировать и т.п.) поверхность 1
	Точить (шлифовать, притереть, полировать и т.п.) канавку, выдерживая размеры 1 - 3		Точить (шлифовать, притереть, полировать и т.п.) канавку 1
	Точить (шлифовать, притереть, полировать и т.п.) выточку, выдерживая размеры 1 - 4		Точить (шлифовать, притереть, полировать и т.п.) выточку 1
	Точить (шлифовать, притереть, полировать и т.п.) фаску, выдерживая размер 1		Точить (шлифовать, притереть, полировать и т.п.) фаску 1
	Точить (шлифовать, притереть, полировать и т.п.) конус, выдерживая размеры 1 и 2		Точить (шлифовать, притереть, полировать и т.п.) конус 1

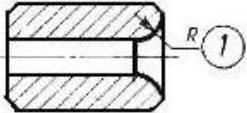
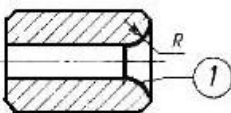
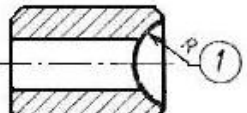
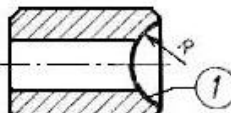
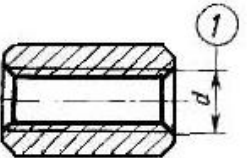
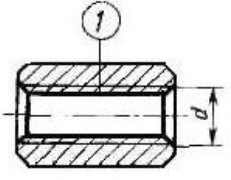
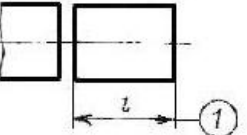
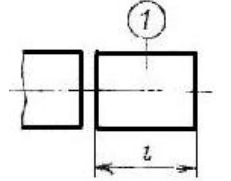
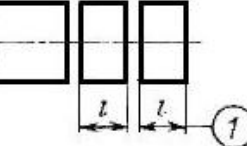
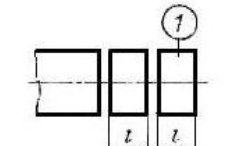
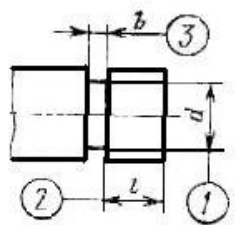
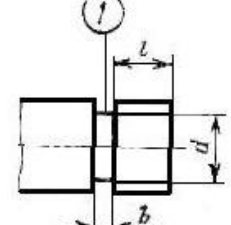
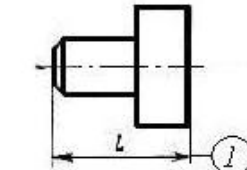
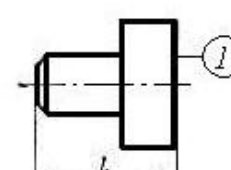
Продолжение таблицы А.2

1	2	3	4
	Точить (шлифовать, притереть, полировать и т.п.) сферу, выдерживая размер <i>I</i>		Точить (шлифовать, притереть, полировать и т.п.) сферу <i>I</i>
	Точить (шлифовать, полировать и т.п.) криволинейную поверхность, выдерживая размеры <i>I</i> -6		Точить (шлифовать, полировать и т.п.) криволинейную поверхность <i>I</i>
	Нарезать (фрезеровать, накатать, шлифовать и т.п.) резьбу, выдерживая размеры <i>I</i> и 2		Нарезать (фрезеровать, накатать, шлифовать и т.п.) резьбу <i>I</i>
	Накатать рифления, выдерживая размеры <i>I</i> и 2		Накатать рифления <i>I</i>
	Центровать торец, выдерживая размеры <i>I</i> -4		Центровать торец <i>I</i>
	Сверлить (зенковать, развернуть и т.п.) отверстие, выдерживая размеры <i>I</i> и 2		Сверлить (зенковать, развернуть и т.п.) отверстие <i>I</i>

Продолжение таблицы А.2

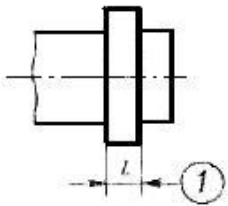
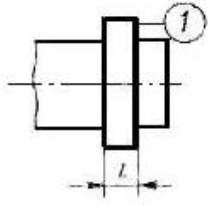
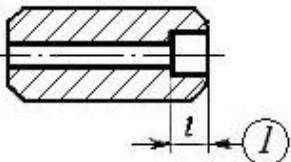
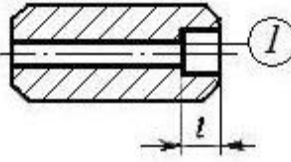
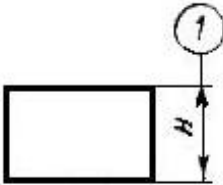
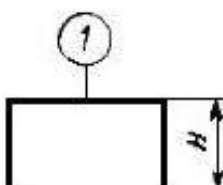
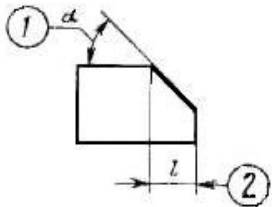
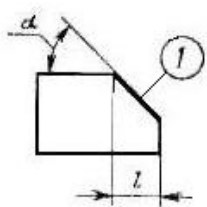
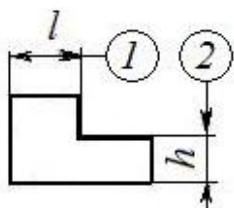
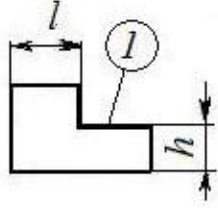
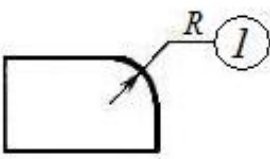
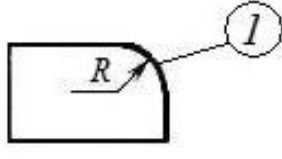
1	2	3	4
	Сверлить (рассверлить, зенкеровать и т.п.) отверстие, выдерживая размеры 1 и 2		Сверлить (рассверлить, зенкеровать и т.п.) отверстие 1
	Расточить (зенкеровать, шлифовать и т.п.) отверстие, выдерживая размеры 1 и 2		Расточить (зенкеровать, шлифовать и т.п.) отверстие 1
	Расточить (зенкеровать, развернуть и т.п.) коническое отверстие, выдерживая размеры 1-3		Расточить (зенкеровать, развернуть и т.п.) коническое отверстие 1
	Расточить канавку, выдерживая размеры 1-3		Расточить канавку 1
	Расточить (полировать, довести и т.п.) выточку, выдерживая размеры 1-3		Расточить (полировать, довести и т.п.) выточку 1
	Зенкеровать (шлифовать, полировать и т.п.) фаску, выдерживая размер 1		Зенкеровать (шлифовать, полировать и т.п.) фаску 1

Продолжение таблицы А.2

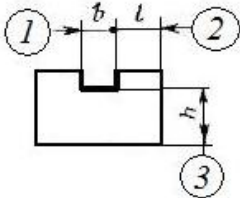
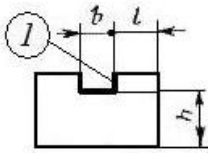
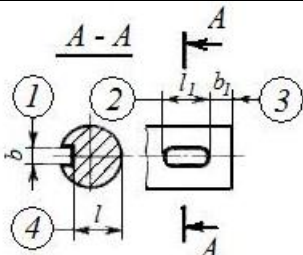
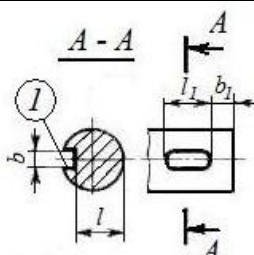
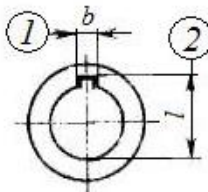
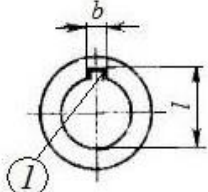
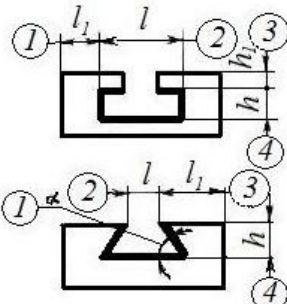
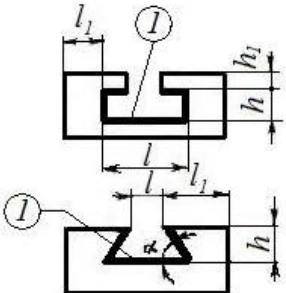
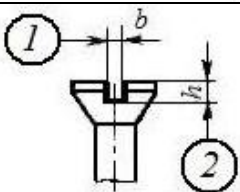
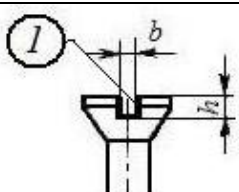
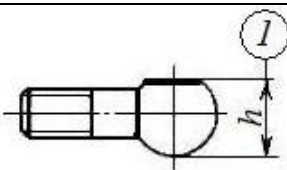
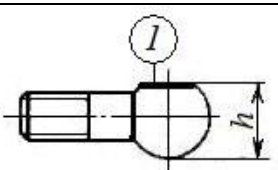
1	2	3	4
	Расточить (зенкеровать, шлифовать, полировать и т.п.) галтель, выдерживая размер <i>l</i>		Расточить (зенкеровать, шлифовать, полировать и т.п.) галтель <i>l</i>
	Расточить (шлифовать, полировать и т.п.) сферу, выдерживая размер <i>l</i>		Расточить (шлифовать, полировать и т.п.) сферу <i>l</i>
	Нарезать (шлифовать, довести и т.п.) резьбу, выдерживая размер <i>l</i>		Нарезать (шлифовать, довести и т.п.) резьбу <i>l</i>
	Отрезать деталь (заготовку), выдерживая размер <i>l</i>		Отрезать деталь (заготовку) <i>l</i>
	Отрезать 2 заготовки, выдерживая размер <i>l</i>		Отрезать 2 заготовки <i>l</i>
	Врезаться в поверхность (надрезать деталь), выдерживая размеры <i>l-3</i>		Врезаться в поверхность (надрезать деталь по поверхности <i>l</i> )
	Подрезать (шлифовать, полировать и т.п.) торец, выдерживая размер <i>l</i>		Подрезать (шлифовать, полировать и т.п.) торец <i>l</i>



Продолжение таблицы А.2

1	2	3	4
	Подрезать (шлифовать, полировать и т.п.) торец буртика, вы- держивая размер $l$		Подрезать (шлифовать, полировать и т.п.) торец буртика $l$
	Подрезать (шлифовать, полировать и т.п.) дно от- верстия, вы- держивая размер $l$		Подрезать (шлифовать, полировать и т.п.) дно от- верстия $l$
	Фрезеровать (строгать, шлифовать и т.п.) поверх- ность, выдер- живая размер $l$		Фрезеровать (строгать, шлифовать и т.п.) поверх- ность $l$
	Фрезеровать (строгать, шлифовать и т.п.) фаску, выдерживая размеры $l$ и $2$		Фрезеровать (строгать, шлифовать и т.п.) фаску $l$
	Фрезеровать (строгать, шлифовать и т.п.) уступ, выдерживая размеры $l$ и $2$		Фрезеровать (строгать, шлифовать и т.п.) уступ $l$
	Фрезеровать (строгать, шлифовать и т.п.) галтель, выдерживая размер $l$		Фрезеровать (строгать, шлифовать и т.п.) галтель $l$

Продолжение таблицы А.2

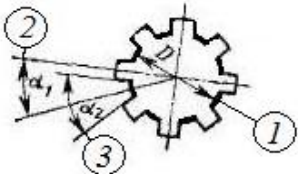
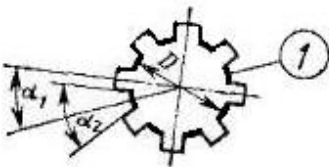
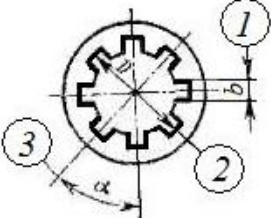
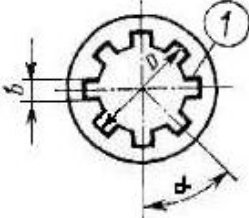
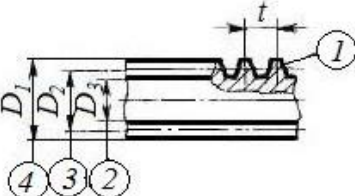
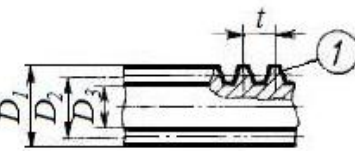
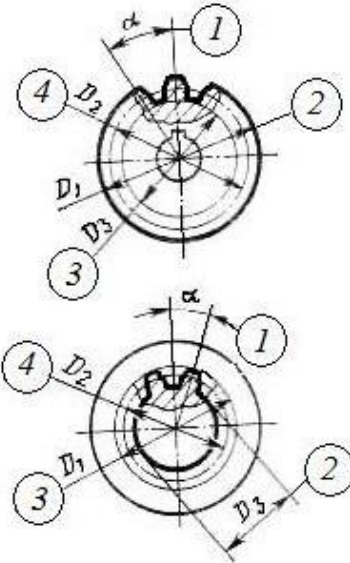
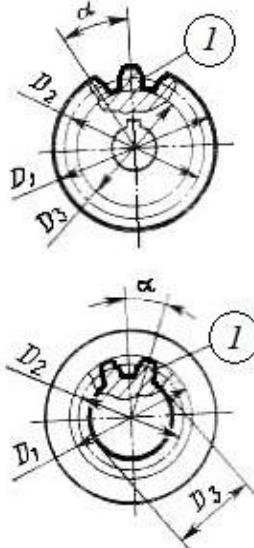
1	2	3	4
	Фрезеровать (строгать, шлифовать и т.п.) паз, выдерживая размеры 1-3		Фрезеровать (строгать, шлифовать и т.п.) паз 1
	Фрезеровать шпоночный паз, выдерживая размеры 1-4		Фрезеровать шпоночный паз 1
	Долбить (протянуть) шпоночный паз, выдерживая размеры 1 и 2		Долбить (протянуть) шпоночный паз 1
	Фрезеровать (протянуть) паз, выдерживая размеры 1-4		Фрезеровать (протянуть) паз 1
	Фрезеровать (протянуть) шлиц, выдерживая размеры 1 и 2		Фрезеровать (протянуть) шлиц 1
	Фрезеровать (строгать, шлифовать и т.п.) лыску, выдерживая размер 1		Фрезеровать (строгать, шлифовать и т.п.) лыску 1



Продолжение таблицы А.2

1	2	3	4
	Фрезеровать паз по разметке, выдерживая размеры 1-4		Фрезеровать паз 1 по разметке
	Долбить (протянуть) шестигранник, выдерживая размер 1		Долбить (протянуть) шестигранник 1
	Фрезеровать (строгать, шлифовать и т.п.) шестигранник, выдерживая размер 1		Фрезеровать (строгать, шлифовать и т.п.) шестигранник 1
	Фрезеровать (шлифовать, полировать и т.п.) поверхности, выдерживая размеры 1-3		Фрезеровать (шлифовать, полировать и т.п.) поверхности 1 и 2
	Прошить (долбить, протянуть и т.п.) отверстие, выдерживая размеры 1 и 2		Прошить (долбить, протянуть и т.п.) отверстие 1
	Фрезеровать (шлифовать, полировать и т.п.) боковые поверхности шлицев, выдерживая размер 1		Фрезеровать (шлифовать, полировать и т.п.) боковые поверхности шлицев 1

Продолжение таблицы А.2

1	2	3	4
	Фрезеровать (шлифовать, полировать и т.п.) поверхности впадин, выдерживая размеры 1-3		Фрезеровать (шлифовать, полировать и т.п.) поверхность 1
	Долбить (протянуть) шлицы, выдерживая размеры 1-3		Долбить (протянуть) шлицы 1
	Нарезать (фрезеровать, шлифовать и т.п.) червяк, выдерживая размеры 1-4		Нарезать (фрезеровать, шлифовать и т.п.) червяк 1
	Фрезеровать (долбить, строгать, протянуть, закруглить, шевинговать, притереть, обкатать, зачистить и т.п.) зубья, выдерживая размеры 1-4		Фрезеровать (долбить, строгать, протянуть, закруглить, шевинговать, притереть, обкатать, зачистить и т.п.) зубья 1

Запись вспомогательных переходов следует выполнять в соответствии с указанными выше правилами для технологических переходов.

Ключевые слова для вспомогательных переходов: выверить; закрепить; настроить; переустановить; переустановить и закрепить; переустановить выверить и закрепить; переместить; поджать; проверить; смазать; снять; установить; установить и выверить; установить и закрепить; устано-

вить, выверить и закрепить.

Запись вспомогательных переходов допускается не выполнять:

- при маршрутном описании технологических операций;
- при операционном описании и применении карты эскизов (КЭ) или соответствующих, операционных карт (ОК), которые применяют для графического изображения обрабатываемой заготовки с указанием условных обозначений используемых баз и опор.

При соблюдении указанных требований разработчик обязан заполнить соответствующие графы в документах, которые предусматривают запись вспомогательного времени.

Установление полной или сокращенной записи содержания операции (перехода) для каждого случая определяется разработчиком документов.

В записи операции или перехода не рекомендуется указывать шероховатость обрабатываемых поверхностей. Разработчиком документов такая информация используется при маршрутном описании из конструкторского документа, а при операционном описании указывается на КЭ или ОК, которые имеют зону для графической иллюстрации.

Допускается в тексте указывать информацию о шероховатости поверхности, если она относится к предварительно обрабатываемым поверхностям и не может быть указана на КЭ или ОК.

Дополнительная информация при записи операций и переходов применяется только при необходимости указания количества последовательно или одновременно обрабатываемых поверхностей или конструктивных элементов.

Например, «Точить две канавки, согласно эскизу», «Фрезеровать криволинейную поверхность *1*».

При маршрутном описании операции для указания завершающих действий применяется дополнительная информация.

Например, «Точить поверхность, выдерживая размеры  $d_1 = 40_{-0,34}^0$ ;  $d_2 = 20_{-0,24}^0$ ;  $l_1 = 40 \pm 0,2$ ;  $l_2 = 60 \pm 0,4$ ;  $r = 1,5$ ».

**Приложение Б**  
**Бланк задания на курсовой проект**

Донбасская государственная машиностроительная академия  
Кафедра технологии и управления производством

**З А Д А Н И Е**  
на курсовой проект по дисциплине

**“ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ  
ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ  
И СБОРКИ МАШИН”**

Студ. \_\_\_\_\_ группы \_\_\_\_\_  
Исходные данные: \_\_\_\_\_ №= \_\_\_\_\_ шт./год.

\_\_\_\_\_

(наименование узла (изделия) и номер чертежа)

1 Проанализировать объекты проектирования: \_\_\_\_\_

2 Разработать технологическую схему и технологию сборки: \_\_\_\_\_

3 Разработать технологический процесс механической обработки: \_\_\_\_\_

4 Рассчитать припуски на: \_\_\_\_\_

5 Рассчитать режимы резания или сборки на операции: \_\_\_\_\_

6 Рассчитать нормы времени на операции: \_\_\_\_\_

7 Разработать технологические карты наладок на операции: \_\_\_\_\_

8 Спроектировать станочное или сборочное приспособление: \_\_\_\_\_

9 Спроектировать контрольное приспособление: \_\_\_\_\_

10 Выбрать средства механизации и автоматизации: \_\_\_\_\_

11 Выполнить специальную научно-исследовательскую часть проекта на тему: \_\_\_\_\_

Даты: \_\_\_\_\_

выдачи

окончания

Подписи: \_\_\_\_\_

студента

преподавателя

*Продолжение приложения Б*

Содержание основных этапов курсового проекта	% выполнения	Срок выполнения (номер недели)
1 Изучение служебного назначения и конструкций объектов проектирования	2	1
2 Анализ технологичности объектов проектирования	4	1
3 Анализ маркетинговых исследований на базовом предприятии	6	2
4 Анализ базовых технологических процессов механообработки и сборки: схем базирования, оборудования, структуры и построения операций, сборочных стендов, транспортных средств, организации производства, средств механизации и автоматизации	8	2
5 Обоснование программы выпуска и типа производства	10	2
6 Разработка технологической схемы и технологии сборки; точностные расчеты детали и узла (изделия)	12	3
7 Выбор вида и способа получения заготовки	20	3
8 Обоснование выбора оборудования, станочных и контрольных приспособлений, режущих и вспомогательных инструментов, транспортных средств, организации производства, средств механизации и автоматизации	22	4
9 Составление маршрута обработки заготовки и предварительная разработка операций	25	4
10 Расчет припусков и операционных размеров, выполнение чертежа заготовки	30	5
11 Разработка операций технологического процесса	35	6
12 Определение режимов резания и техническое нормирование операций	40	7
13 Разработка технологических карт наладок	48	8
14 Технико-экономическое обоснование выбранного варианта технологического процесса	52	9

*Продолжение приложения Б*

15 Проектирование станочного приспособления (обоснование вида и конструкции выбранного приспособления, схем базирования; описание устройства и принципа работы; силовые, прочностные и точностные расчеты)	62	10
16 Проектирование контрольного приспособления (обоснование принятой конструкции, описание устройства и принципа работы, расчеты на точность) или проектирование наладки на контрольно-измерительную машину	72	11
17 Выбор, обоснование и проектирование средств автоматизации	80	12
18 Выполнение специальной части проекта	90	13
19 Разработка требований техники безопасности, эргономики и экологии	92	13
20 Разработка предложений по внедрению в производство результатов курсового проектирования	95	13
21 Оформление пояснительной записки (50-60 стр.), графической части (4-5 листов ф.А1) и технологической документации (маршрутных, операционных карт и карт эскизов) технологических процессов, механической обработки и сборки	100	14
22 Защита курсового проекта		14

**Приложение В**  
**Определение коэффициента закрепления операций  $K_{zo}$**

№ операции	Наименование операции	$T_{шт-к}$	$M_p$	$P$	$\eta_z$	$O$
1						
...						
...						
				$\Sigma P =$		$\Sigma O =$

**Приложение Г**  
**Анализ базового технологического процесса**  
**изготовления детали \_\_\_\_\_**  
(наименование)

Операция	Модель станка, приспособление	Режущий инструмент	Измерительный инструмент	Эскиз обработки	Рекомендации

**Приложение Д**  
**Таблица расчета припусков**

Размер поверхности, мм	Общий припуск на размер, мм	Коэффициент ужесточения	Уточненный (принятый) припуск	Допуск на заготовку, мм	Размеры заготовки с допусками, мм
Диаметральные размеры					
Линейные размеры					

**Приложение Е**  
**Расчет технологической себестоимости**

*Таблица Е.1 – Пример расчета технологической себестоимости*

Показатели	Размер- ность	Токарно- винторезная	
		16K20	16K20
Годовая программа запуска	шт	250	250
Норма времени на операцию	мин	22	13
Часовая ставка рабочего	грн/ч	9,4	8,9
Коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату и отчисления на социальное страхование	грн	1,25	1,25
<b>1 Зарплата производственных рабочих</b>	грн	<b>4,31</b>	<b>2,41</b>
Норма амортизационных отчислений	%	12	20
Балансовая стоимость оборудования	грн	180000	265000
Средний коэффициент загрузки оборудования		0,023	0,013
<b>2 Затраты на амортизацию оборудования</b>	грн	<b>2,0</b>	<b>2,9</b>
Суммарная мощность электродвигателей оборудования	кВт	11	10
Коэффициент загрузки оборудования по времени		0,6	0,55
Коэффициент загрузки оборудования по мощности		0,5	0,45
Стоимость 1кВтч электроэнергии	грн	0,5	0,5
<b>3 Расходы на электроэнергию</b>	грн	<b>0,61</b>	<b>0,27</b>
Цена приспособлений	грн	2000	3000
Эксплуатационный срок использования приспособлений	лет	5	2
<b>4.1 Затраты на содержание приспособлений</b>	грн	<b>0,59</b>	<b>1,30</b>
Машинное время	мин	2,7	1,9
Вспомогательное время	мин	12	9
Цена режущего инструмента	грн	35	100
Затраты на переточку	грн	14	0
Стойкость режущего инструмента	мин	60	60
Коэффициент машинного времени		1,23	1,21
Цена малоценного инвентаря	грн	150	300
Коэффициент, учитывающий стоимость ремонта инвентаря		1,2	1,2
Срок использования инвентаря до полной непригодности	ч	500	500
<b>4.2 Затраты на режущий инструмент и малоценный инвентарь</b>	грн	<b>1,01</b>	<b>2,03</b>



*Продолжение таблицы Е.1*

<b>4.3 Затраты на технологическую оснастку</b>	грн	<b>1,59</b>	<b>3,33</b>
Площадь помещения, на которой выполняется операция	м <sup>2</sup>	15	25
Годовые затраты на содержание 1м <sup>2</sup> площади помещения	грн/м <sup>2</sup>	150	200
<b>5 Затраты на содержание производственного помещения</b>	грн	<b>0,21</b>	<b>0,27</b>
Коэффициент, учитывающий прочие цеховые затраты		1,5	1,5
<b>6 Прочие цеховые расходы</b>	грн	<b>6,46</b>	<b>3,62</b>
<b>Технологическая себестоимость</b>	грн	15,73	14,05
<b>Срок окупаемости капитальных вложений</b>	лет	1,27	
<b>Процент снижения трудоемкости</b>	%	40,91	
<b>Рост производительности труда</b>	%	69,23	

# Приложение Ж

## Образец заполнения технологической документации

ГОСТ 3.1418-82 форма 1

[illegible]

*Рисунок Ж.1 – Образец заполнения маршрутной карты*

Продолжение приложения Ж

[illegible]

Рисунок Ж.2— Образец выполнения карты эскизов



*Навчальне видання*

**КОВАЛЕВСЬКИЙ Сергій Вадимович,  
КОСЕНКО Анатолій Григорович,  
ОНИЩУК Сергій Григорович,  
БОРИСЕНКО Юрій Борисович,  
МЕДВЕДЄВ Вячеслав Степанович,  
ШИСТКО Дмитро Павлович**

# ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ТИПОВИХ ДЕТАЛЕЙ ТА СКЛАДАННЯ МАШИН

# Навчальний посібник до практичних занять та курсового проектування

*(Російською мовою)*

Редактор С. П. Шнурік  
Комп'ютерна верстка О. П. Ордіна

5/2009. Підп. до друку 12.01.10. Формат 60 x 84/16.  
Папір офсетний. Ум. друк. арк. . Обл.-вид. арк. .  
Тираж 45 прим. Зам. № 2

Донбаська державна машинобудівна академія  
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72.  
Свідectво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру  
серія ДК №1633 від 24.12.03.