

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра электронной техники и технологии

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

к курсовому проектированию

по дисциплинам

«Технология обработки материалов»,

«Технология деталей РЭС»

для студентов специальностей

1-36 04 01 «Электронно-оптические системы и технологии»,

1-39 02 02 «Проектирование и производство РЭС»

всех форм обучения

УДК 621.396.69(075.8)
ББК 32.844 – 04 я73
М 54

Р е ц е н з е н т:
профессор кафедры микро- и наноэлектроники БГУИР,
канд. техн. наук Б. С. Колосницын

А в т о р ы:
А. П. Достанко, В. М. Бондарик, С. В. Бордусов,
А. А. Костюкевич, Г. М. Шахлевич

М 54 **Методическое** пособие к курсовому проектированию по дисц. «Технология обработки материалов», «Технология деталей РЭС» для студ. спец. 1-36 04 01 «Электронно-оптические системы и технологии», 1-39 02 02 «Проектирование и производство РЭС» всех форм обуч. / А. П. Достанко [и др.]. – Минск : БГУИР, 2009. – 114 с.
ISBN 978-985-488-317-5

В пособии сформулированы основные цели и тематика курсового проектирования, приведены общие требования к курсовым проектам и рекомендации по их оформлению, изложена методика проектирования технологических процессов изготовления деталей РЭС и ЭОС, даны справочные материалы.

Пособие может быть полезно студентам специальностей «Медицинская электроника», «Моделирование и компьютерное проектирование РЭС».

УДК 621.396.69(075.8)
ББК 32.844 – 04 я73

ISBN 978-985-488-317-5

© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2009

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ.....	4
1.1 Цели курсового проектирования.....	4
1.2 Тематика курсового проектирования.....	4
1.3 Структура и содержание курсового проекта.....	5
1.4 Структура и содержание пояснительной записки.....	5
1.5 Виды и правила оформления конструкторских документов.....	8
1.6 Оформление текстовых документов.....	28
2 ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	37
2.1 Влияние типа производства на объём и содержание проектирования технологических процессов.....	37
2.2 Экономическое обоснование варианта ТП по трудоёмкости и технологические методы повышения производительности труда.....	38
2.3 Краткая характеристика Единой системы технологической подготовки производства.....	41
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ.....	43
3.1 Основные положения проектирования технологических процессов.....	43
3.2 Отработка конструкции на технологичность.....	44
3.3 Классификация объектов производства.....	65
3.4 Выбор заготовок.....	69
3.5 Выбор технологических баз.....	70
3.6 Выбор и назначение режимов обработки.....	71
3.7 Выбор оборудования и технологической оснастки.....	77
3.8 Нормирование технологического процесса.....	79
4 АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	82
4.1 Система Techcard.....	82
4.2 Система ТехноПро.....	85
4.3 Основы работы в среде ТехноПро.....	90
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	106
ПРИЛОЖЕНИЕ А – Пример оформления задания на курсовое проектирование.....	108
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Пример оформления титульного листа курсового проекта.....	1
10	
ПРИЛОЖЕНИЕ В – Основные признаки технологической классификации деталей.....	111
ПРИЛОЖЕНИЕ Г – Обозначение опорных зажимов и установочных устройств.....	115

1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

1.1 Цели курсового проектирования

Выполнение курсового проекта является заключительным этапом изучения студентами дисциплины.

Цели курсового проектирования:

- закрепление и углубление теоретических знаний по дисциплине и применение их для решения конкретных инженерных задач;
- формирование навыков ведения самостоятельной работы в области разработки технологических процессов изготовления деталей электронной аппаратуры;
- овладение методиками проектирования специальной технологической оснастки;
- приобретение навыков обобщения и анализа результатов, полученных другими разработчиками.

1.2 Тематика курсового проектирования

Тематика курсового проектирования должна быть актуальной, соответствовать современному состоянию и перспективам развития науки, техники и образования. Темой курсового проекта может быть разработка технологического процесса изготовления:

- корпусов микросхем и микросборок;
- подложек для тонкоплёночных гибридных интегральных схем (ГИС) и микросборок;
- подложек для толстоплёночных ГИС;
- звукопроводов для ультразвуковых линий задержки на объёмных и поверхностных волнах;
- звукопроводов для фильтров на поверхностных акустических волнах;
- резонаторов на основе пьезокристаллических материалов;
- керамических или пластмассовых каркасов катушек индуктивности;
- ленточных или пластинчатых магнитопроводов;
- радиаторов для мощных транзисторов;
- корпусов для переносных радиостанций;
- шасси радиоэлектронных приборов;
- оснований для печатных плат;
- кронштейнов для телевизоров.

Темой курсового проекта может быть часть научно-исследовательской работы студента технологической направленности.

1.3 Структура и содержание курсового проекта

Содержание и объём курсового проекта определяется кафедрой. Курсовой проект включает:

- задание на проектирование технологического процесса;
- пояснительную записку;
- комплект технологических документов на технологический процесс изготовления детали;
- графическую часть.

Объём расчётов, графических работ, технологических разработок определяется руководителем проекта и указывается в задании на проектирование. В процессе проектирования объём работ может быть скорректирован.

При выполнении курсовых проектов особое внимание необходимо уделять применению ЭВМ при разработке технологического процесса.

Автоматизация разработки технологических процессов достаточно сложная задача для студентов, не прошедших технологической практики на предприятиях. Поэтому в курсовых проектах можно ограничиться применением ЭВМ в отдельной части курсового проекта (расчёт трудоёмкости, расчёт режимов отдельных операций, проектирование операции сверления, расчёт размеров изогнутых деталей при холодной штамповке и т.д.), а также при оформлении конструкторской и технологической документации.

Задание на проектирование должно включать:

- название детали;
- рабочий чертёж детали;
- материал, из которого изготавливается деталь;
- технические требования к детали;
- планируемую программу выпуска детали в год.

Пояснительная записка содержит 30–40 страниц машинописного текста.

Графическая часть курсового проекта должна включать комплект чертежей:

- чертёж детали – 1 л. формата А3–А4;
- сборочный чертёж оснастки (станочного приспособления) – 1 л. формата А1;
- рабочие чертежи оригинальных деталей оснастки – 2–3 л. формата А3–А4.

Графическую часть курсового проекта рекомендуется разрабатывать с помощью пакетов САПР (AutoCAD, T-FLEX CAD и др.) и графических редакторов (Photoshop, Coreldraw, VisioPro и др.).

Пример оформления задания на курсовое проектирование приведен в приложении А.

1.4 Структура и содержание пояснительной записки

Общими требованиями к пояснительной записке к курсовому проекту являются: четкость и логическая последовательность изложения материала; убе-

длительность аргументации, краткость и ясность формулировок, исключающих неоднозначность толкования, конкретность изложения результатов, доказательств и выводов. Пояснительная записка к курсовому проекту должна в краткой и четкой форме раскрывать творческий замысел проекта, содержать принятые методы расчета и сами расчеты, их анализ и выводы по ним и сопровождаться иллюстрациями: графиками, эскизами, диаграммами, схемами и т.п.

Пояснительная записка к курсовому проекту комплектуется в следующем порядке:

- титульный лист;
- задание;
- содержание;
- введение;
- основная часть;
- заключение (выводы);
- список используемых источников;
- приложения.

Титульный лист

На титульном листе должны быть приведены следующие сведения: наименование высшего учебного заведения, где выполнен курсовой проект; фамилия, имя, отчество автора; тема курсового проекта; город и год (приложение Б).

Название проекта должно определять область проведенных проектных работ, быть по возможности кратким и точно соответствовать содержанию. В названии курсового проекта следует избегать использования усложненной узкоспециальной терминологии.

Содержание

Содержание включает в себя названия структурных частей ПЗ курсового проекта («Введение», «Разделы», «Заключение», «Список использованных источников», «Приложения»), названия всех разделов и подразделов с указанием номеров страниц, на которых размещается начало материала соответствующих частей ПЗ. Содержание помещают в начале ПЗ, так как это дает возможность сразу увидеть ее структуру.

Введение

Во введении указываются цель и задачи курсового проекта. Введение – вступительная, начальная часть ПЗ курсового проекта, в которой дается общая оценка состояния научной, производственной, социальной или иной сферы деятельности человека, общества или природы, где находится объект проектирования. При необходимости дается исторический экскурс, очерчивается круг проблем, нуждающихся в изучении. Введение, как правило, – короткий раздел до 2 страниц.

Основная часть

Основную часть ПЗ составляют разделы, в которых даются:

- 1) краткое описание конструкции детали и анализ физико-механических свойств материала;
- 2) технологический анализ конструкции, определение показателей технологичности;
- 3) определение типа производства на основании исходных данных задания и определения размера партии для серийного производства;
- 4) обзор методов изготовления деталей, аналогичных заданной;
- 5) выбор типового технологического процесса изготовления детали;
- 6) разработка рабочего технологического процесса изготовления:
 - выбор заготовок и технологических баз;
 - выбор маршрута технологического процесса;
 - выбор оборудования и технологической оснастки, в том числе инструмента;
 - расчёт и выбор режимов обработки;
 - нормирование операций технологического процесса;
 - выбор метода контроля готовых деталей.

Весь порядок изложения основной части ПЗ должен быть подчинен цели проектирования. Логичность построения и целенаправленность изложения основной части ПЗ достигается только тогда, когда каждый раздел имеет определенное целевое назначение и является базой для последующих.

При изложении материала ПЗ к курсовому проекту студент обязан давать ссылки на авторов и источники, из которых он заимствует материалы или отдельные результаты. Цитирование допускается только с обязательным использованием кавычек. Не допускается компилятивный пересказ текста и отдельных предложений других авторов.

Заключение

В этом разделе должны содержаться основные результаты проектирования и выводы, сделанные на их основе, а также конкретные результаты курсового проектирования и возможные пути их практического использования.

Список использованных источников

Список должен содержать перечень источников информации, на которые в ПЗ даются ссылки. Правила оформления списка приведены в подразделе 1.6.

Приложения

В приложения следует включать вспомогательный материал, необходимый для полноты восприятия курсового проекта, оценки его практической значимости:

- спецификации разработанной КД;
- комплект технологической документации;
- исходные тексты программ ЭВМ с комментариями, краткое их описание в соответствии с ЕСПД (Единая система программной документации), распечатки результатов расчетов.

При оформлении пояснительной записки необходимо руководствоваться требованиями и ограничениями, предъявляемым к текстовым конструкторским документам (ГОСТ 2.105-95, ГОСТ 2.106-96, ГОСТ 7.32-2001 и др.). Правила оформления ПЗ более подробно рассмотрены в подразделе 1.6 настоящего пособия.

1.5 Виды и правила оформления конструкторских документов

Комплектность конструкторских документов

В ходе курсового проектирования разрабатываются графические (чертежи, схемы, графики) и текстовые (спецификации, перечни элементов и т.д.) конструкторские документы (КД). В соответствии с ГОСТ 2.102-68 КД подразделяют на определенные виды (таблица 1.1).

В объеме одного курсового проекта невозможно представить полный комплект КД на изделие. Поэтому состав и объем КД определяется руководителем курсового проекта и оговаривается в задании.

Для оценки способности самостоятельно проектировать технологическую оснастку наибольший интерес представляет рабочая КД, которая включает сборочный чертеж со спецификацией и чертежи деталей.

Мелкие форматы детализовок выполняются, как правило, на одном целом листе формата А1 (это касается и всех остальных графических документов).

Особенности обозначения конструкторских документов

Виды конструкторской документации весьма разнообразны. При их разработке необходимо в первую очередь использовать соответствующие комплексы стандартов. Ниже приводятся рекомендации по применению тех или иных положений ЕСКД при выполнении технической документации курсовых проектов.

ГОСТ 2.101-68 устанавливает виды изделий при разработке конструкторской документации. Стадии разработки КД установлены ГОСТ 2.103-68; виды КД – ГОСТ 2.102-68, 2.701-84, 2.601-68.

При разработке КД в курсовых проектах документации рекомендуется присваивать литеру **О**, **Т** или **И**.

Единая обезличенная классификационная система обозначения изделий и их конструкторских документов устанавливается ГОСТ 2.201-80.

Обозначения изделиям и конструкторским документам должны быть присвоены централизованно или децентрализованно. Централизованное присвоение

обозначений должны осуществлять организации, которым это поручено министерством, ведомством, в пределах объединения, отрасли. Децентрализованное присвоение обозначений должны осуществлять организации-разработчики.

Таблица 1.1 – Номенклатура конструкторских документов (по ГОСТ 2.102-68)

Шифр КД	Вид документа
–	Чертеж детали
СБ	Сборочный чертеж
ВО	Чертеж общего вида
ТЧ	Теоретический чертеж
ГЧ	Габаритный чертеж
МЭ	Электромонтажный чертеж
МЧ	Монтажный чертеж
УЧ	Упаковочный чертеж
–	Схемы
–	Спецификация
ВС	Ведомость спецификаций
ВД	Ведомость ссылочных документов
ВП	Ведомость покупных изделий
ВИ	Ведомость согласования применения покупных изделий
ДП	Ведомость держателей подлинников
ПТ	Ведомость технического предложения
ЭП	Ведомость эскизного проекта
ТП	Ведомость технического проекта
ПЗ	Пояснительная записка
ТУ	Технические условия
ТО	Технические описания
ПМ	Программа и методика испытаний
ТБ	Таблицы
РР	Расчеты
Д	Документы прочие
ПФ	Патентный формуляр
–	Документы эксплуатационные
–	Документы ремонтные
КУ	Карта технического уровня и качества
И	Инструкция

Конструкторские документы сохраняют присвоенное им обозначение независимо от того, в каких изделиях они применяются, причем эти обозначения записывают без сокращений и изменений, за исключением случаев, предусмотренных ГОСТ 2.113-75. Если КД выполнен на нескольких листах, его обозначение должно быть указано на каждом листе.

Деталям, на которые не предусмотрен выпуск чертежей, присваиваются самостоятельные обозначения по общим правилам.

Согласно ГОСТ 2.201-80 структура обозначения изделия и основного конструкторского документа должна быть следующей:



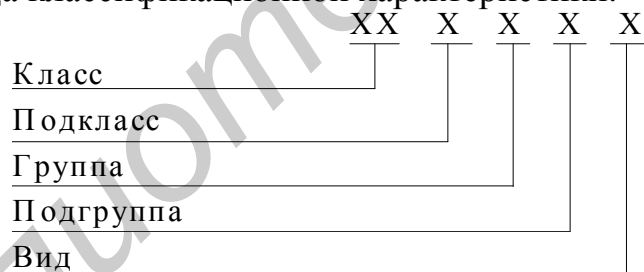
Четырехзначный буквенный код организации-разработчика назначается по кодификатору организаций-разработчиков. В БГУИР на факультете компьютерного проектирования приняты следующие коды: КПКП – для курсовых проектов специальности ПиПРЭС, КПЭО – для курсовых проектов специальности ЭОСиТ.

Код классификационной характеристики присваивают изделию и конструкторскому документу в соответствии с классификатором ЕСКД.

Классификатор ЕСКД представляет собой систематизированный иерархический свод наименований и квалификационных группировок объектов классификации изделий машиностроения и приборостроения, общетехнических документов и их кодов. Этот классификатор дополняют «Алфавитно-предметным указателем наименований деталей» и «Определителем наименований деталей классов 71...76», облегчающими соответствующие поиски.

Всего в классификаторе 100 классов. Все изделия размещены в 50 однородных классах. 50 классов являются резервными.

Структура кода классификационной характеристики:



При классификации изделий в классах использованы в основном следующие признаки:

- функциональный (основная эксплуатационная функция, выполняемая изделием);
- конструктивный (конструктивные особенности изделия);
- принцип действия (физический, физико-химический процесс, на основе которого действует изделие);
- параметрический (величины и степени точности рабочих параметров изделий: основные размеры, мощность, напряжение, сила тока и пр.);
- геометрические формы.

Наиболее общие признаки используются на верхних уровнях классифика-

ции (класс, подкласс) и конкретизируются на последующих уровнях.

Каждый класс классификатора делится на 10 подклассов (от 0 до 9), каждый подкласс – на 10 групп, каждая группа – на 10 подгрупп и каждая подгруппа – на 10 видов.

Практически во всех классах не все подклассы заняты, часть оставлена для вновь разрабатываемых типов изделий. По такому же принципу разбиты и подклассы, группы, виды.

Порядковый регистрационный номер присваивают по классификационной характеристике от 001 до 999 в пределах кода организации-разработчика или организации, осуществляющей централизованное присвоение.

Например, электронный измеритель температуры можно закодировать следующим образом: КПКП.405123.001 – класс 40 (средства измерений линейных и угловых размеров, параметров движения, времени, силы, массы, температуры, давления, расхода количества), подкласс 5 (средства измерений температуры). Группа, подгруппа и вид описывают более подробно принцип измерения температуры, вид прибора и т.п.

В наименованиях изделий используют следующие отличительные признаки:

- «функциональность», т.е. указывается основная функция, выполняемая деталью, например кольцо стопорное;
- «служебное назначение», например лопатка турбинная;
- «геометрическая форма», например шпонка клиновья;
- «принцип действия», например шайба пружинная.

При обозначении неосновных конструкторских документов (кроме чертежей деталей и спецификаций) к обозначению основного документа добавляют соответствующий код, установленный ГОСТ 2.102-68 (см. таблицу 1.1). Структура обозначения неосновного КД следующая:

	X X X X . X X X X X X . X X X X X X
Обозначение изделия	
Код документа	

В коде документа должно быть не более четырех знаков, включая номер части документа, например: КПКП.301341.021 СБ – сборочный чертеж; КПКП.301341.021 ТУ – технические условия.

При групповом или базовом выполнении КД обозначение документа состоит из базового обозначения, как в рассмотренных выше случаях, и порядкового номера исполнения. Каждому исполнению изделия следует присваивать самостоятельное обозначение:

	X X X X . X X X X X X . X X X - X X
Базовое обозначение	
Порядковый номер исполнения	

В курсовых проектах многие чертежи представляют собой графики, кото-

рые являются результатами исследований характеристик изделия или режимов технологических процессов. Их следует относить к прочим документам, устанавливающим классификационную характеристику изделия и добавлять к обозначению основного конструкторского документа (спецификации проектируемого изделия, оборудования и т.п.) Д, Д1 и т.д. в зависимости от количества графиков. *Пример. ПКП.405123.001 Д2 – Электронный измеритель температуры. Графики исследований.*

Особенности заполнения основной надписи и дополнительных граф к ним устанавливает ГОСТ 2.104-68. Если технический документ выполнен на нескольких листах, то обозначение должно быть указано на каждом листе документа. Деталям, на которые не выпущены чертежи, должны быть по общим правилам присвоены самостоятельные обозначения.

Правила оформления спецификаций

Спецификация – основной конструкторский документ, определяющий состав изделия и всей конструкторской документации, относящейся к этому изделию. Ее следует составлять на отдельных листах формата А4 на каждую сборочную единицу, комплекс и комплект. Заглавный лист оформляют по форме 1 с основной надписью по форме 2, а последующие листы – по форме 1 а с основной надписью по форме 2 а (ГОСТ 2.104-68).

В зависимости от состава специфицируемого изделия спецификация может состоять из разделов, которые следует располагать сверху вниз в такой последовательности:

- документация;
- комплексы;
- сборочные единицы;
- детали;
- стандартные изделия;
- прочие изделия;
- материалы;
- комплекты.

Комплекс – это два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций. Каждое из входящих в комплекс специфицированных изделий предназначено для выполнения одной или нескольких основных функций, установленных для всего комплекса (например, автоматическая линия станков; автоматическая телефонная станция; система, состоящая из метеорологической ракеты, пусковой установки и средств управления).

Сборочная единица – это изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями

(свинчивание, клепка сварка, пайка, опрессовка, развальцовка, склеивание и пр.), например, осциллограф, блок питания, микромодуль, сварной корпус.

Деталь – это изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций (например, стойка из одного куска металла; литой корпус; пластина из биметаллического листа). К деталям относятся также указанные выше изделия с покрытием (защитным или декоративным) независимо от его вида, толщины и назначения (например передняя панель со сложным покрытием), а также изделия, изготовленные с применением местной сварки, пайки, склейки и т. п. (например трубка, спаянная из одного куска листового материала).

Стандартное изделие – это изделие, примененное по государственному, отраслевому или республиканскому стандарту, полностью и однозначно определяющему его конструкцию, показатели качества, методы контроля, правила приемки и поставки.

Комплект – это два и более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих собой набор изделий, имеющих общее эксплуатационное значение вспомогательного характера, например, комплект запасных частей, комплект инструмента и принадлежностей, комплект измерительной аппаратуры.

Специфицированное изделие – это изделие, состоящее из нескольких составных частей.

Комплектуемое изделие – это изделие (составная часть изделия), получаемое предприятием в готовом виде и изготовленное по конструкторской документации предприятия-поставщика.

Покупное изделие – это изделие (составная часть изделия), получаемое предприятием в готовом виде.

Кооперированное изделие – это изделие (составная часть изделия), получаемое предприятием в готовом виде и изготовленное по его конструкторской документации на другом предприятии.

Оригинальное изделие – это изделие, примененное в конструкторской документации только данного изделия.

Унифицированное изделие – это изделие, примененное в конструкторской документации нескольких (разных) изделий.

Типовое изделие (изделие однотипного исполнения) – это изделие, принадлежащее к группе изделий близких конструкций и обладающее наибольшим числом конструктивных и технологических признаков этой группы.

Наименование разделов записывают в виде заголовков в графе «Наименование» строчными буквами (кроме первой прописной) и подчеркивают. Ниже заголовка должна быть оставлена одна свободная строка, выше – не менее одной свободной строки.

В раздел «Документация» вносят все документы специфицируемого изделия, кроме его спецификации, а также документы записываемых в спецификацию неспецифицируемых составных частей (деталей) (если таковые использу-

ются), кроме их рабочих чертежей.

В разделы «Комплексы», «Сборочные единицы» и «Детали» вносят комплексы, сборочные единицы и детали специфицируемого изделия.

В разделе «Стандартные изделия» записывают изделия, примененные по государственным стандартам, отраслевым стандартам, стандартам предприятий.

В пределах каждой категории стандартов изделия записывают по группам в зависимости от функционального назначения (например, подшипники, крепежные детали, контакты и т.п.), в пределах каждой группы – в алфавитном порядке наименований изделий, в пределах каждого наименования – в порядке возрастания обозначений стандартов, а в пределах каждого обозначения стандартов – в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия.

В раздел «Прочие изделия» записывают изделия, взятые из каталогов, прейскурантов и других источников, за исключением стандартных изделий. Порядок записи подобен порядку раздела «Стандартные изделия».

В раздел «Материалы» вносят все материалы специфицируемого изделия в такой последовательности: металлы черные; металлы магнитоэлектрические и ферромагнитные; металлы цветные; кабели, провода и шнуры; пластмассы и пресс-материалы; бумажные, текстильные и лесные материалы; резиновые, минеральные, керамические и стеклянные материалы; лаки, краски, нефтепродукты и химикаты; прочие материалы.

В пределах вида материалов их записывают в алфавитном порядке наименований, в пределах наименования – по возрастанию размеров или других параметров.

Графы спецификации заполняют следующим образом.

В графе «Формат» указывают форматы документов, имеющих обозначение в графе «Обозначение». Если документ выполнен на нескольких листах различного формата, то в графе ставят «звездочку», а в графе «Примечание» перечисляют все форматы с постановкой знака звездочки, например: *А3, А4, А4×3. Для деталей, на которые нет чертежей, в данной графе указывают БЧ. Для документов, записанных в разделы «Стандартные изделия», «Прочие изделия» и «Материалы» графу «Формат» не заполняют.

В графе «Зона» указывают обозначение зоны, где находится номер позиции записываемой части изделия (если поле чертежа разбито на зоны по ГОСТ 2.104-68).

В графе «Поз.» указывают порядковые номера составных частей в последовательности записи их в спецификации. Порядковые номера должны записываться в порядке возрастания, но рекомендуется пропускать некоторые номера для возможности последующей корректировки документации, например 1, 3, 7... . Графу не заполняют для разделов «Документация» и «Комплекты».

В графе «Обозначение» указывают: для раздела «Документация» – обозначение записываемых документов, для разделов «Комплексы», «Сборочные единицы», «Детали» и «Комплекты» – обозначение основных конструкторских документов на записываемые изделия; для деталей, выпущенных без чертежей, – присво-

енное им обозначение (если таковое имеется). Графу не заполняют для разделов «Стандартные изделия», «Прочие изделия» и «Материалы».

В графе «Наименование» указывают:

- в разделе «Документация» для документов специфицируемого изделия – только их наименование; например: «Сборочный чертеж», «Габаритный чертеж», «Технические условия», «Пояснительная записка»; для документов на неспецифицируемые части – наименования изделия и документа;

- в разделах «Комплексы», «Сборочные единицы», «Детали» и «Комплекты» – наименования изделий в соответствии с их основной надписью на основных конструкторских документах; для деталей без чертежа указывают наименование и материалы, а также размеры, необходимые для их изготовления;

- в разделе «Стандартные изделия» – наименования и обозначения изделий в соответствии с нормативно-технической документацией;

- в разделе «Прочие изделия» – наименования и условные обозначения изделий по документам на их поставку с указанием обозначений этих документов;

- в разделе «Материалы» – обозначение материала с указанием нормативно-технической документации (ГОСТ, СТБ, ТУ ...).

Допускается для изделий и материалов, различающихся размерами и другими данными и примененных по одному документу, общую часть наименования с обозначением документа записывать **на каждом листе** спецификации один раз в виде заголовка. Под общим наименованием следует записывать для каждого изделия и материала только их параметры и размеры. Если основные параметры или размеры изделия обозначаются одним числом или буквой, то не допускается пользоваться указанным допущением. Тогда записывают следующим образом:

Подшипники ГОСТ 8338-75

Подшипник 203

Подшипник 412 и т.д.

В графе «Кол.» указывают количество составных частей на одно специфицируемое изделие, а для раздела «Материалы» – общее количество материала на одно изделие с указанием единицы величины, которая указана в нормативно-технической документации на материал. Последние допускается записывать и в графе «Примечание». Количество таких материалов, как припой, клей, флюс, электроды для сварки и т.п., в спецификации не указывают. Эти сведения дают на поле чертежа в технических требованиях. В разделе «Документация» данную графу не заполняют.

После каждого раздела спецификации необходимо оставлять несколько свободных строк для дополнительных записей. **Первую и последнюю строки на каждом листе спецификации не заполняют.** Наличие разделов спецификации зависит от состава специфицируемого изделия.

Допускается совмещение спецификации со сборочным чертежом при условии его размещения на листе формата А4. При этом основную надпись выпол-

няют по ГОСТ 2.104-68 (форма 1) с указанием обозначения основного конструкторского документа (спецификации).

Правила оформления сборочных чертежей

Одним из важнейших видов конструкторской документации является сборочный чертеж. Согласно ГОСТ 2.109-73 (издание март 2001 г. с изменениями №1...10) сборочный чертеж содержит: изображение сборочной единицы с минимальным, но достаточным количеством видов, разрезов и сечений, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу, и обеспечивающее возможность осуществления ее сборки (изготовления), контроля и т.п. Для полного удовлетворения этих требований согласно ГОСТ 2.102-68 необходимо выполнять кроме сборочного, габаритный, монтажный и другие чертежи. Однако в дипломных и курсовых проектах с целью уменьшения объема графических работ эти чертежи рекомендуется совмещать на одном сборочном чертеже.

Сборочный чертеж изделия должен содержать:

- изображение сборочной единицы, позволяющее осуществить ее сборку и контроль;
- размеры с указанием предельных отклонений (и другие параметры и требования), которые проверяются при сборке;
- сопряженные размеры с обозначением посадок (в местах установки на валы и в корпус зубчатых и червячных колес, подшипников, втулок и т.д.);
- основные размеры, характеризующие изделие и его основные составные части (например, для редуктора: межосевое расстояние с допускаемыми отклонениями; направление линии, угла наклона и число зубьев);
- номера позиций составных частей, входящих в изделие;
- основные технические характеристики изделия;
- габаритные, установочные и присоединительные размеры, а также необходимые справочные размеры;
- технические требования к готовому изделию.

Габаритными размерами называются размеры, определяющие предельные внешние или внутренние очертания изделия. ***Установочными и присоединительными*** называются размеры, определяющие величины элементов, по которым данное изделие устанавливается на месте монтажа или присоединяют к другому изделию. К ***справочным*** согласно ГОСТ 2.307-68 относят следующие размеры:

- один из размеров замкнутой цепи;
- размеры, перенесенные с чертежей изделий заготовок;
- размеры на сборочном чертеже, по которым определяют предельные положения отдельных элементов конструкции, например ход поршня;
- габаритные размеры на сборочном чертеже, перенесенные с чертежей деталей или являющиеся суммой размеров нескольких деталей;
- размеры деталей (элементов) из сортового, фасонного, листового и друго-

го проката, если они полностью определяются обозначением материала, приведенным в графе основной надписи;

- размеры на сборочном чертеже, перенесенные с чертежей деталей и используемые в качестве установочных и присоединительных (с предельными отклонениями элементов, служащих для соединения с сопрягаемыми изделиями).

Сборочный чертеж изделия рекомендуется выполнять в масштабе 1:1 на одном или нескольких листах формата А1 (в зависимости от размеров и сложности изделия могут быть использованы другие масштабы и форматы листов).

На сборочном чертеже необходимо указывать в соответствии со спецификацией номера позиций всех составных частей сборочной единицы. Эти номера указывают на основных видах и разрезах и помещают на полках линий-выносок, проводимых от видимых изображений составных частей и заканчиваемых точкой, причем выноски и полки проводят тонкими линиями. У зачерненных или узких площадей точку заменяют стрелкой. Номера позиций следует располагать параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группировать их в колонку или строчку по возможности на одной линии.

Номера позиций наносят на чертеж *один раз*. Шрифт номеров позиций должен быть на один (два) размер больше, чем шрифт размерных чисел данного чертежа.

Общая линия-выноска с вертикальным расположением позиций допускается:

- для группы крепежных деталей, расположенных в одном месте;
- для группы деталей с отчетливо выраженной взаимосвязью;
- при невозможности подвести выноску к каждой составной части.

Линию-выноску в этих случаях отводят от изображения составной части, номер позиции которой указан первым.

Изображение на чертеже может быть упрощенным в соответствии с ГОСТ 2.109-73. В частности:

- не показывать выступы, рифления, насечки, оплетки и другие мелкие элементы, маркировочные и технологические данные;
- сварной узел изображать как монолитное тело;
- шестигранные и квадратные головки гаек и винтов изображать упрощенно;
- крепежные детали (винты, болты, шпильки, гайки, шайбы, закладки и т.п.), шпонки, сплошные валы, зубья и спицы колес и маховиков условно показывать нерассеченными, если секущая плоскость направлена вдоль оси такой детали;
- если вал имеет углубления, шпоночные пазы, центровые отверстия, то для изображения этих элементов следует применять местные разрезы;
- шарики подшипников качения показывать нерассеченными;
- ребра жесткости и тонкие стенки показывать рассеченными, но без штриховки;
- пластины, а также элементы деталей (отверстия, фаски, пазы, углубления и т.п.) размером 2 мм и менее изображать с отступлением от масштаба, принятого для всего изображения, в сторону увеличения.

Перемещающиеся части изделия изображают в крайнем или промежуточном положении только штрихпунктирными линиями с двумя точками с размерами, характеризующими эти положения. Перемещающиеся части допускается изображать на дополнительных видах с соответствующими надписями, например *Крайнее положение шатуна поз. 5*.

На сборочном чертеже устройства допускается помещать изображение пограничных (соседних) изделий (обстановку) и размеры, определяющие их взаимное расположение. Предметы «обстановки», как правило, выполняются упрощенно и приводятся для определения места изделия. Составные части изделия, расположенные за «обстановкой», изображают как видимые.

В технических требованиях на сборочных чертежах, в обоснованных случаях, следует указать: *Остальные технические требования по СТБ 1022-96*. Данный стандарт содержит общие требования, требования к подвижным и неподвижным соединениям, методы испытаний и правила приемки. В документе указывается, что неподвижные соединения не должны иметь качки, проворачивания; резьбовые соединения затянуты, а резьба должна быть без краски; шлицы, грани не сорваны и не смяты; подвижные части должны перемещаться без рывков, заеданий, плавно, шум должен быть однотонным, стопорные устройства должны фиксировать требуемое положение; испытания изделий необходимо проводить в нормальных условиях. Требования, отличные от требований стандарта, в том числе и требования о маркировке, упаковке, транспортировке и хранении, надо оговаривать в сборочных чертежах специальными пунктами в технических требованиях.

Требования к чертежам деталей

При выполнении чертежей деталей следует ограничиться минимальным количеством изображений (видов, разрезов, сечений). Вопрос о количестве изображений, их содержании, взаимном расположении, масштабе и т.д. решают комплексно, исходя из удобства пользования чертежом при изготовлении и контроле изделия, а также исходя из особенностей детали (пружина, корпус, печатная плата и т.д.). Для деталей типа тел вращения достаточно дать одно изображение, добавляя к нему при необходимости частичные виды, разрезы, сечения и выносные элементы.

Деталь должна быть изображена, как правило, в натуральную величину. В зависимости от ее размеров и сложности может быть выбран масштаб увеличения или уменьшения. Для выносных элементов следует использовать только масштаб увеличения.

Рабочий чертеж детали должен содержать ряд требований, выполнение которых обеспечивает осуществление изготовленной деталью предназначенных ей функций, надёжность, длительность ее работоспособности. Требования излагаются в виде изображений, условных знаков и текстовых записей на поле чертежа.

Если отдельные элементы изделия необходимо до сборки обработать совместно с другим изделием (например, половины корпуса подшипника, редуктора и

т.п.), для чего их следует соединить и скрепить, то на оба изделия должны быть самостоятельные чертежи, выполненные по общим требованиям. В отдельных, более сложных случаях допускается помещать полное или частично упрощенное изображение другого изделия, выполненное сплошными тонкими линиями. Специальные чертежи на совместную обработку не допускаются.

Если отверстия под винты, штифты и другие аналогичные детали обрабатываются в процессе сборки, на чертежах такие отверстия не изображают и сведений о них в технических требованиях не дают. Необходимые данные для их обработки приводят на сборочном чертеже.

На чертежах деталей не допускается помещать технологические указания. В виде исключения можно указать совместную обработку, гибку, развальцовку и т.д. Эти данные приводят на полке линии-выноски или в ТТ.

Правила оформления чертежей типовых деталей – зубчатых и червячных колес, червяков, звездочек, шкивов, валов – приведены в соответствующих ГОСТах, СТП и т.д. Не допускается в курсовых проектах приводить чертежи нормализованных деталей (крепёж, стойки, втулки, некоторые другие элементы и т.д.). Эти изделия включаются в соответствующие разделы спецификации со ссылкой на действующую нормативно-техническую документацию.

Изделия простой конфигурации, изготавливаемые из полуфабриката, вносятся в спецификацию без чертежа (БЧ) с присвоением обозначения по классификатору. Например:

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
БЧ		17	ДПКП.741235.013	Прокладка. Лакоткань электроизоляционная ЛШМ 0,5 ГОСТ 2214-78 20×60 мм	4	

Нанесение размеров на чертежах деталей

Основанием для определения величины изображённого изделия и его элементов служат размерные числа, нанесенные на чертеже. Размеры, как правило, проставляют от баз. Общее количество размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия. *Размеры, не подлежащие выполнению по данному чертежу, называются справочными.*

Нанесение размеров является одним из главных этапов составления чертежей и должно отвечать правилам, установленным ГОСТ 2.307-68 ЕСКД.

Нанесению размеров на чертеже предшествует выбор баз изделия.

В зависимости от назначения различают следующие виды баз: **технологическую**, используемую для определения положения заготовки или изделия в процессе изготовления или ремонта; **конструкторскую**, используемую для определения положения детали или сборочной единицы в изделии; **измерительную**, определяющую относительное положение заготовки или изделия и средств

измерения.

Конструкторские базы подразделяют на **основные**, принадлежащие данной детали или сборочной единице и определяющие их положение в изделии, и **вспомогательные**, также принадлежащие данной детали или сборочной единице и используемые для определения положения присоединяемого к ним изделия.

Установлены две категории размеров: **сопряженные** – размеры соединений, посадочных поверхностей, а также входящие в размерные цепи; **свободные** – не входящие в размерные цепи. Сопряженные размеры наносят от конструкторских баз, свободные – от технологических.

Если детали получены литьем, ковкой, штамповкой или прокаткой, то размеры не обрабатываемых по чертежу элементов деталей проставляют от технологических баз.

Если деталь имеет обработанные и необработанные поверхности, то размеры обработанных поверхностей наносят от конструкторской базы, а необработанных – от технологической. Обе базовые поверхности в каждом координатном направлении должны быть связаны одним размером.

Установлены два способа нанесения размеров от баз:

координатный – размеры наносятся от одной, основной базы или от нескольких баз лесенкой. При этом погрешности в размерах не накапливаются и не влияют на общий результат;

цепной – размеры наносят цепочкой (один за другим), исключая один из размеров той части детали, которая не подвергается обработке и имеет самый большой допуск на размер.

Нанесение размеров в виде замкнутой цепи допускается только в том случае, когда один из размеров указывается как справочный.

Справочный размер отмечают на чертежах знаком «*», а в технических требованиях записывают:

** Размер для справок.*

Необходимые для изготовления размеры, за исключением справочных, наносят с предельными отклонениями. Допуски и расположение поверхностей приводятся в соответствии с рекомендациями ГОСТ 2.307-68, ГОСТ 2.308-79, ГОСТ 21495-76, ГОСТ 25346-82, ГОСТ 7713-62, ГОСТ 25347-82. Выбирать номинальные значения размеров необходимо из ряда предпочтительности.

Размеры и допуски формы, как правило, указываются от технологических баз. Размеры между центрами симметричных отверстий должны иметь симметричный допуск, например $\pm 0,1$ мм. Допуски формы и расположения поверхностей указывают либо условными обозначениями согласно ГОСТ 2.309-79, либо текстом в технических требованиях (рисунки 1.1, 1.2, таблица 1.2).

Предельные отклонения линейных размеров на чертеже указывают одним из трех способов:

а) условными обозначениями полей допусков (рисунок 1.3, а);

- б) числовыми значениями предельных отклонений (рисунок 1.3, б);
- в) условными обозначениями полей допусков с указанием справа в скобках числовых значений предельных отклонений (рисунок 1.3, в).

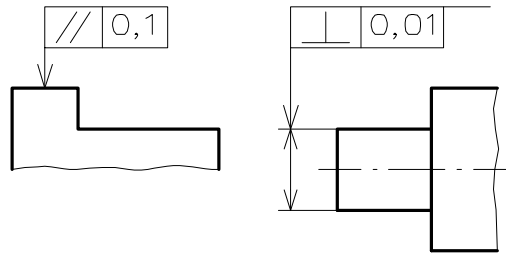


Рисунок 1.1 – Варианты обозначения допусков формы

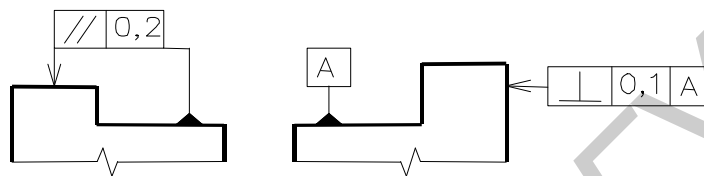


Рисунок 1.2 – Варианты обозначения базы и допусков формы на чертеже

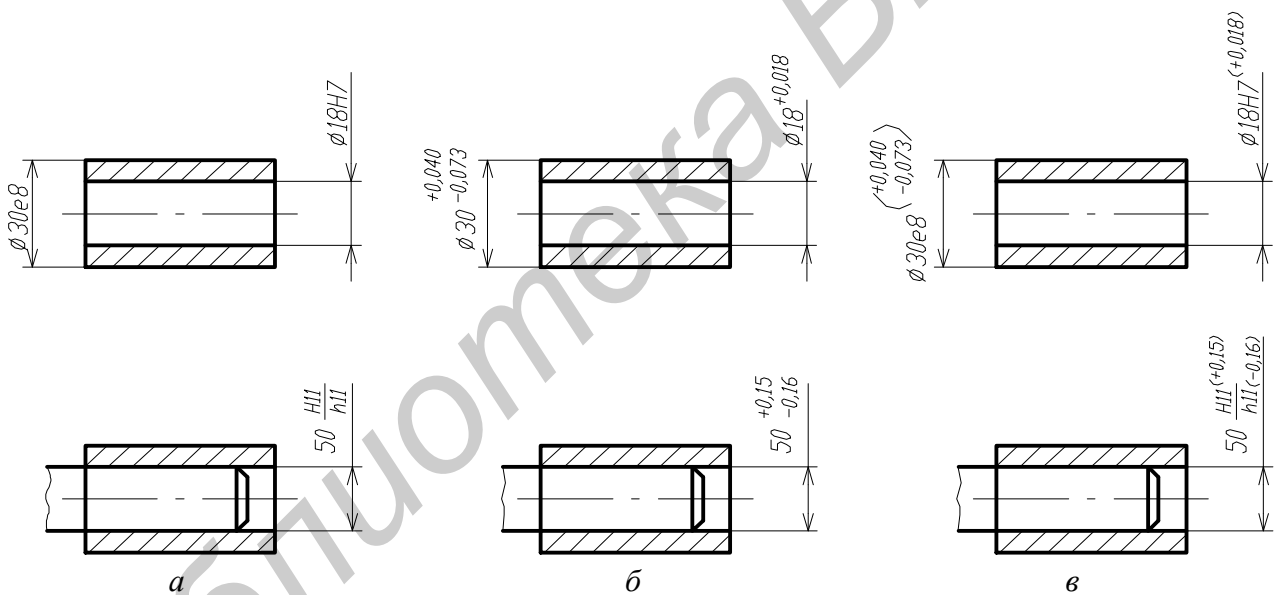


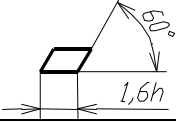

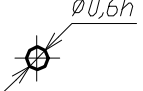
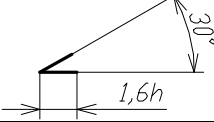
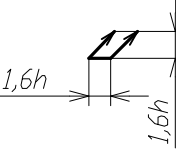
Рисунок 1.3 – Варианты нанесения предельных отклонений на детали

Многokrатно повторяющиеся на чертежах предельные отклонения размеров относительно низкой точности (от 12-го качества и грубее) записываются в технических требованиях: «Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий – по H12, валов – по h12, остальных – $\pm IT14/2$ ». Рекомендуется для размеров от 3 до 6 мм выбирать предельные отклонения $\pm 0,15$ мм (IT11), 6...10 мм – $\pm 0,18$ мм (IT12), больше 10 мм – $\pm 0,215$ мм (IT13).

Детали для изделий РЭС выполняются с определенной точностью. Шкалы точности образуют 20 разрядов допусков, называемых качествами. Допуски на размеры деталей РЭС с точки зрения экономической целесообразности соответствуют 8...15 качествам.

Существует три метода выбора допусков и посадок на детали и сборочные единицы.

Метод прецедентов. Заключается в том, что в чертежах на детали различных изделий, находящихся в эксплуатации, находят однотипные детали и по Таблица 1.2 – Обозначения допусков формы и расположения поверхностей

Вид допуска	Знак	Вид допуска	Знак
Допуски формы			
Прямолинейности		Цилиндричности	
Плоскостности		Профиля продольного сечения	
Круглости			
Допуски расположения поверхностей			
Параллельности		Пересечения осей	
Перпендикулярности		Симметричности	
Соосности		Позиционный	
		Наклона	
Суммарный допуск формы и расположения			
Торцевого и радиального биения в заданном направлении		Формы заданного профиля	
Полного торцевого и радиального биения		Заданной поверхности	

ним определяют допуски на размеры проектируемой детали. При наличии классификатора определение допусков по однотипным деталям, чертежи на которые имеются на данном предприятии, требует очень мало времени.

Метод подобия. Он появился после того, как были выявлены конструктивные и эксплуатационные признаки деталей различных изделий и разработана классификация по этим признакам. Используя классификационные материалы, устанавливают аналог проектируемой детали. Выбор сделан правильно, если конструктивные и эксплуатационные признаки совпадают. Тогда допуски и посадки на проектируемую деталь должны быть такими же, как у аналога. Между тем в классификационных материалах зачастую имеются рекомендации общего характера, и это затрудняет их использование.

Общим недостатком методов прецедентов и подобия являются возможность применения неправильно установленных допусков и посадок и сложность определения признаков для выбора аналогов.

Расчетный метод. Для повышения точности и надежности деталей и их миниатюризации целесообразно при проектировании максимально приблизить размеры деталей к расчетным значениям. Однако при этом могут возникнуть трудности технологического и метрологического характера. Обработка детали по более точному допуску требует сложного оборудования и дорогого инструмента, а иногда менее производительного способа формообразования, т.е. требования к точности и стоимости находятся в противоречии, которое можно разрешить технико-экономическими расчетами.

Числовые значения полей допусков приведены в ГОСТ 25317-82.

Нанесение шероховатости поверхности на чертежах деталей

Проектируя детали, необходимо задавать не только точность, с которой должны быть выдержаны размеры элемента детали, но и допустимую шероховатость ее поверхности. При этом необходимо учитывать: экономические факторы (чем выше требования к качеству, тем дороже изготовление), взаимосвязь между способом обработки элемента поверхности и величиной шероховатости, между качеством и числовым значением параметра шероховатости, рекомендации по выбору шероховатости в зависимости от применения детали (таблица 1.3).

Обозначения шероховатости поверхностей наносят в соответствии с ГОСТ 2.309-73 с изменением №3 включительно, принятым Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол №21 от 28.05.2002 г.) (рисунок 1.4, таблица 1.4).

Допускается при недостатке места располагать обозначение шероховатости на размерных линиях или на их продолжениях, на рамке допуска формы, а также разрывать выносную линию.

Особенности оформления чертежей деталей, получаемых литьем

Ряд деталей может быть получен литьем. Отливки из цветных сплавов, изготовленные методом литья в песчаные формы, кокиль, оболочковые формы, по выплавляемым моделям и под давлением, выполняются согласно нормативно-технической документации. Они подразделяются на две группы отливок: I – общего назначения; II – ответственного назначения, имеющие повышенную прочность.

Таблица 1.3 – Рекомендации по выбору шероховатости поверхности

Шероховатость	Условия эксплуатации, применения
$Ra\ 6,3; Rz\ 40$	Поверхности деталей, не соприкасающиеся с другими поверхностями и не используемые в качестве технологических баз
$Ra\ 3,2; Rz\ 20$	Поверхности деталей, прилегающие к поверхностям других деталей, не подвергающиеся износу
$Ra\ 2,5$	Базовые поверхности деталей с допусками в пределах квалитетов H8, h8, H9, h9 включительно под гальванические покрытия
$Ra\ 1,25$	Трущиеся поверхности и базовые поверхности с допусками в пределах квалитетов h8, h7 и точнее
$Ra\ 0,63$	Соприкасающиеся поверхности, хорошо противостоящие износу, с повышенными требованиями к коррозионной стойкости
$Ra\ 0,32$	Декоративные поверхности особо высокого качества
$Ra\ 0,18$	Поверхности качения особо ответственных деталей

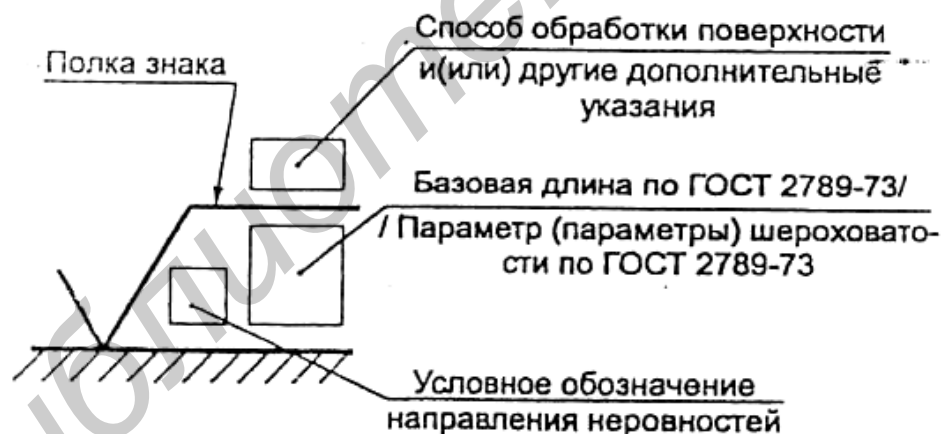



Рисунок 1.4 – Условное обозначение знака шероховатости

Таблица 1.4 – Примеры обозначения шероховатости поверхностей

Обозначение	Обработка поверхности
	По данному чертежу не обрабатываются
	Не устанавливаемая конструктором
	Определено конкретно, например точение или фрезерование

 <u>ПОЛИРОВАТЬ</u>	Указанный вид является единственным, например полировка
---	--

В зависимости от метода литья установлены следующие классы точности для отливок:

- литье под давлением – ЛТ1...ЛТ3;
- литье в кокиль, оболочковые формы – ЛТ5, ЛТ6;
- литье в песчаные формы – ЛТ6, ЛТ7.

При получении деталей литьем в технических требованиях указывают требования к размерам, группам и предельным отклонениям, например:

- «Литейные радиусы 0,5 мм max»;
 - «Литейные уклоны до 1»;
 - «Отливка II гр.»;
 - «Неуказанные предельные отклонения размеров – по ЛТ5».
- Пример чертежа литых деталей показан на рисунке 1.5.

Обозначение покрытий деталей РЭС

Для повышения коррозионной стойкости поверхности изделия, улучшения механических свойств материала, а также для придания изделию декоративного вида обычно на поверхности деталей наносят покрытия. Обозначения покрытий устанавливаются ГОСТ 9.306-85 «Покрытия металлические и неметаллические неорганические» и ГОСТ 9.032-74 «Покрытия лакокрасочные».

Покрытию могут подвергаться все поверхности деталей или избирательные участки. В нормальных условиях эксплуатации толщина гальванических покрытий 6...9 мкм, в атмосферных и морских – 12...15 мкм. О применении покрытий на чертежах деталей соответствующим образом делаются записи (таблица 1.5).

Ряд покрытий требует предварительного нанесения подслоя. Никелевое покрытие, наносимое на сталь, требует, например, медного подслоя, серебряное, наносимое на латунь или бронзу, – также медного подслоя.

В обозначениях лакокрасочных покрытий согласно ГОСТ 9.032-74 в первую группу знаков входят обозначение покрытия по ГОСТ 9.825-73 и при необходимости предварительное наименование и группа шпатлёвки с указанием числа слоёв; во вторую группу – обозначение классов покрытий (I–VII); в третью – обозначение условий эксплуатации в части действия климатических факторов (по ГОСТ 9.104-79) и особых сред (по ГОСТ 9.032-74), например:

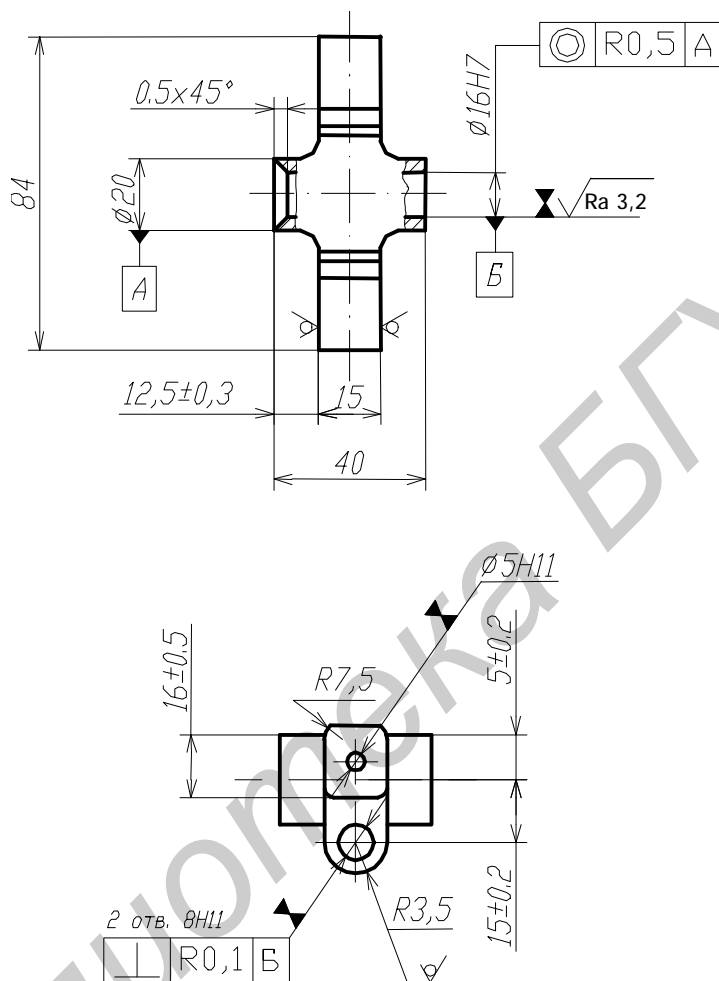
Покрытие эмаль ЭП-140 серая, III.VI.

Технические требования и техническая характеристика

Технические требования (ТТ) и техническую характеристику (ТХ) помещают на свободном поле чертежа над основной надписью в виде текстовой час-

ти. При недостатке места их продолжают слева от основной надписи. Текст записывают сверху вниз.

Пункты ТТ и ТХ должны иметь самостоятельную нумерацию. Каждый пункт записывают с новой строки. Строки должны быть не длиннее 185 мм. При выполнении чертежа на двух листах и более ТТ и ТХ помещают только на первых листах.



- 1 Отливка I группы по ГОСТ 977 – 75.
- 2 Изготовление отливки по II кл. точности по ГОСТ 2009-75.
- 3 Литейные радиусы 4 мм.
- 4 Покрытие: эмаль МЛ, чёрная IV У4. $F_{\text{покp}} = 53,4 \text{ см}^2$.
- 5 Неуказанные предельные отклонения размеров: H14, h14, $\pm 0,5IT14$.

Рисунок 1.5 – Пример оформления чертежа литой детали

ТТ на чертеже детали следует приводить в соответствии с ГОСТ 2.316-68. Заголовок «Технические требования» не пишут, если на чертеже помещены только технические требования.

ТТ рекомендуется излагать в следующем порядке:

1) требования к материалу, заготовке, термической обработке и к свойствам материала готовой детали (например твердость); указание материалов-заменителей;

2) размеры (формовочные и штамповые уклоны, радиусы и пр.); предельные отклонения размеров, формы и расположения поверхностей; дисбаланс;

3) требования к качеству поверхностей (отделке, покрытию);

4) зазоры, расположение отдельных элементов конструкции;

5) требования, предъявляемые к настройке и регулированию изделия;

6) другие требования к качеству, например бесшумность, виброустойчивость;

7) условия и методы испытаний;

8) указания о маркировании и клеймении;

9) правила транспортирования и хранения;

10) особые условия эксплуатации;

11) ссылки на другие документы, содержащие ТТ, распространяющиеся на данное изделие, но не приведенные на чертеже.

Таблица 1.5 – Примеры обозначения покрытий на деталях

Обозначение в технических требованиях	Расшифровка и назначение покрытия
Покрытие Ц9. хр., кроме отверстий	Материал покрытия – цинк, толщина – 9 мкм, последующее хромирование. Наносится на стальные детали, работающие в нормальных условиях внутри корпуса изделия
Покрытие хим.окс.прм.	Покрытие выполнено методом химического оксидирования с промасливанием. Наносится на стальные детали, работающие в нормальных условиях внутри корпуса изделия
Покрытие Кд15.хр.	Материал покрытия – кадмий, толщина – 15 мкм, последующее хромирование. Наносится на стальные детали, работающие в условиях атмосферных осадков и в морском климате
Покрытие М6.Н12	Двухслойное покрытие: I слой – медь толщиной 6 мкм; II слой – никель толщиной 12 мкм. Наносится на латунные или бронзовые детали, работающие в нормальных условиях снаружи корпуса изделия, т.к. обладает хорошими декоративными свойствами
Покрытие М3.Ср6	Двухслойное покрытие: I слой – медь толщиной 3 мкм; II слой – серебро толщиной 6 мкм. Наносится на латунные или бронзовые детали, работающие в качестве контактирующих элементов, т.к. обладает малым сопротивлением
Покрытие ан.окс.черн.	Покрытие выполнено методом электрохимического (анодного) оксидирования с чернением. Наносится на детали из алюминиевых сплавов, работающие в

	качестве теплоизлучающих элементов конструкции внутри корпуса изделия
Покрытие хим.окс.э.	Покрытие выполнено методом химического оксидирования, электропроводное. Наносится на детали из алюминиевых сплавов, работающие в нормальных условиях внутри корпуса изделия

В последнем пункте технических требований в обоснованных случаях необходимо привести следующее требование: «Остальные технические требования по СТБ 1014-95». СТБ 1014-95 распространяется на детали, изготавливаемые механической обработкой из металлов, резины, стекла, слоистых диэлектриков, карбонильного железа, кожи, войлока, древесины и применяемые в изделиях приборостроения. Он устанавливает общие технические требования, правила приёмки, методы испытаний, маркировку, упаковку, транспортировку и хранение. В общих технических требованиях содержатся сведения о неуказанных предельных отклонениях размеров, радиусах гибки, вытяжки, закруглений, размерах фасок, глубине зенковки и т.д., например:

- неуказанные предельные отклонения размеров до 1 мм должны быть для отверстий – Н13, валов – h13, остальных – $\pm IT13/2$, а размеров свыше 1 мм – для отверстий – Н14, валов – h14, остальных – $\pm IT14/2$;

- неуказанные предельные отклонения угловых размеров должны быть по 16 качеству точности;

- острые кромки должны быть притуплены радиусом 0,3...0,5 мм или фаской под углом 45°;

- резьба должна быть предохранена от попадания краски;

- неуказанные отклонения формы и расположения поверхностей должны быть выполнены в соответствии с ГОСТ 25.069-81.

На чертежах пружин основные ТТ рекомендуется приводить в последовательности, указанной в ГОСТ 2.401-68, а на чертежах изделий, содержащих надписи, – ГОСТ 9.032-74. Указания о маркировании и клеймении изделий наносят на чертеже по ГОСТ 2.314-68.

В ТХ содержатся требования о напряжении питания, потребляемой мощности устройства, рабочем давлении газа или жидкости и т.п.

ТХ следует помещать отдельно от ТТ под заголовком «Техническая характеристика», который располагается над ТТ. Оба заголовка не подчеркивают.

1.6 Оформление текстовых документов

Весьма важным видом технической документации являются текстовые документы. К ним относятся различные инструкции, технические условия и описания, документы ремонтные и эксплуатационные, пояснительные записки и т.п. Общие правила оформления текстовых документов регламентированы ГОСТ 2.105-95. Особенности требований к оформлению технологической документации содержатся в ГОСТ 3.1104-81. Правила выполнения текстовых до-

кументов устанавливает ГОСТ 2.106-96. В соответствии с требованиями стандартов их выполняют по формам 5 и 5 а. Основную надпись и дополнительные графы к ней выполняют по ГОСТ 2.104-68.

В курсовых проектах допускается пояснительную записку (ПЗ) выполнять на обычных листах формата А4 с соблюдением требований ГОСТ 2.105-95 «Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам», ГОСТ 7.32-2001 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».

ПЗ как правило выполняется с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ (ГОСТ 2.004-88 ЕСКД). Текст ПЗ печатается с количеством знаков в строке 60...75, с межстрочным интервалом, позволяющим разместить 40 ± 3 строк на странице. При компьютерном наборе печать производится шрифтом 13...14 пунктов. Высота строчных букв, не имеющих выступающих элементов, должна быть не менее 2 мм. Разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определениях, важных особенностях, применяя шрифты разной гарнитуры, выделение с помощью рамок, разрядки, курсива, подчеркивания и пр.

Текст ПЗ следует размещать на листе, соблюдая следующие размеры полей: *левое* – не менее **30 мм**, *правое* – не менее **10 мм**, *верхнее* – не менее **15 мм**, *нижнее* – не менее **20 мм**.

Текст ПЗ можно излагать на русском или белорусском языке. Сокращение русских и белорусских слов и словосочетаний в записке – по СТБ 7.12 - 94. В тексте ПЗ, за исключением формул, таблиц и рисунков, **не допускается** применять:

- математический знак минус (–) перед отрицательными значениями величин (следует писать слово «минус»);
- знак « \emptyset » (следует писать слово «диаметр»). В виде исключения на чертежах, помещенных в тексте документа, перед размерным числом следует писать знак « \emptyset »;
- без числовых значений математические знаки, например: > (больше), < (меньше), = (равно), \geq (больше или равно), \leq (меньше или равно), \neq (не равно), а также знаки № (номер), % (процент).

В ПЗ следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения в соответствии с ГОСТ 8.417-81.

Применение в ПЗ разных систем обозначения физических величин не допускается. При необходимости наряду с единицами СИ в скобках указывают единицы ранее применявшихся систем, разрешенных к применению.

В тексте числовые значения без обозначения единиц измерения и единицы счета от одного до девяти следует писать словами, а числовые значения с единицами измерения и единицы счета от девяти и выше – цифрами.

Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей, за исключением размеров в дюймах, которые следует записывать, например 1/2" (но

не $\frac{1}{2}$).

При невозможности выразить числовое значение в виде десятичной дроби допускается записывать его в виде простой дроби в одну строчку через косую черту, например $(35A - 8C) / (20B + 10)$.

Иллюстрации, таблицы и распечатки ЭВМ, включенные в ПЗ (по тексту или в приложении), должны соответствовать формату А4. Допускается представлять иллюстрации, таблицы и распечатки с ЭВМ на листах формата А3.

Абзацы в тексте начинаются отступом, равным 10–13 мм.

Текст ПЗ делится на разделы, подразделы и пункты. Пункты при необходимости могут делиться на подпункты.

Разделы должны иметь заголовки. Подразделы могут иметь заголовки при необходимости. Пункты, как правило, заголовков не имеют.

Заголовки следует писать с абзацного отступа с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. **Перенос слов в заголовках не допускается.**

Расстояние между заголовком (за исключением заголовка пункта) и текстом должно составлять 2...3 строки. Если между двумя заголовками текст отсутствует, то расстояние между ними устанавливается в 1,5...2 строки. Расстояние между заголовком последующего подраздела и текстом предыдущего рекомендуется делать несколько больше, чем расстояние между заголовком и следующим за ним текстом.

Каждый раздел текстового документа рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

В пределах всей записки разделы должны иметь порядковые номера, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацного отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Разделы, как и подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов. Если раздел или подраздел имеет только один пункт или пункт имеет один подпункт, то нумеровать его не следует.

Если ПЗ не имеет подразделов, то нумерация пунктов в нем должна быть в пределах каждого раздела и номер пункта должен состоять из номеров раздела и пункта, разделенных точкой. В конце номера пункта точка не ставится.

Если записка имеет подразделы, то нумерация пунктов должна быть в пределах подраздела и номер пункта должен состоять из номеров раздела, подраздела и пункта, разделенных точками.

Если текст ПЗ подразделяется только на пункты, они нумеруются порядковыми номерами в пределах документа.

Пункты при необходимости могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта.

Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления.

Перед каждой позицией перечисления следует ставить дефис или при не-

обходимости ссылки в тексте документа на одно из перечислений – строчную букву, после которой ставится скобка. Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа, как показано в примере.

Пример

а)...

1) _____

2) _____

б) _____

Страницы нумеруются арабскими цифрами, начиная с титульного листа, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту записки. Номера страниц прощаются в правом нижнем углу (ГОСТ 2.105-95) либо в центре нижней части листа без точки (ГОСТ 7.32-2001). Номер страницы на титульном листе и задании не ставится.

Иллюстрации и таблицы, расположенные на отдельных листах, и распечатки с ЭВМ включают в общую нумерацию страниц записки.

Иллюстрации, таблицы и распечатки с ЭВМ на листе формата А3 учитывают как одну страницу.

Количество **иллюстраций** должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации могут быть расположены как по тексту ПЗ (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и в конце его. Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. Иллюстрации, за исключением приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается «Рисунок 1».

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например – Рисунок 1.2.

При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рисунком 1.2».

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например – Рисунок В.3.

Иллюстрации при необходимости могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают **после пояснительных данных** по центру строки и располагают следующим образом:

Рисунок 1.1 – Классификация методов активации

Иллюстрация, как правило, выполняется на одной странице. Если рисунок не помещается на одной странице, допускается переносить его на другие страницы. При этом тематическое наименование помещают на первой странице, поясняющие данные – на каждой странице и под ними пишут «Рисунок ..., лист ...», если имеется несколько рисунков, и «Рисунок 1, лист ...», если имеется один

рисунок.

Фотоснимки размером меньше формата А4 должны быть наклеены на стандартные листы белой бумаги.

Иллюстрация должна быть расположена так, чтобы ее было удобно рассматривать без поворота записки или с поворотом на 90 ° по часовой стрелке. На все иллюстрации должны быть даны ссылки в записке.

Оформление таблиц в ПЗ – по ГОСТ 2.105-95.

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Цифровой материал, как правило, оформляют в виде таблиц в соответствии с рисунком 1.6.

Таблица _____ – _____
номер название таблицы

Головка					Заголовки граф
					Подзаголовки граф
					Строки
					(горизонтальные
					строки)
	Боковик (графа для заголовков)		Графы (колонки)		

Рисунок 1.6 – Оформление таблицы

Название таблицы, при его наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название следует помещать над таблицей. При переносе части таблицы на ту же или другие страницы название помещают только над первой частью таблицы.

Таблицам, за исключением таблиц приложений, следует присваивать арабские цифры, используя сквозную нумерацию. Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. *Пример – Таблица А.2.*

На все таблицы должны быть даны ссылки в тексте ПЗ, при ссылке следует писать слово «таблица» полностью с указанием ее номера.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать 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.

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

Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается.

Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При

необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф. Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы.

Таблицу в зависимости от ее размера помещают либо под текстом, в котором впервые дана на нее ссылка, либо на следующей странице, а при необходимости – в приложении к записке.

Таблицы, как правило, следует располагать на странице вертикально. Помещенные на отдельной странице таблицы могут быть расположены горизонтально, причем головка таблицы должна размещаться в левой части страницы. Номер страницы в этом случае проставляют в установленном порядке.

Заменять кавычками повторяющиеся в таблице цифры, математические знаки, знаки процента и номера, обозначения марок материалов и типоразмеров изделий, обозначения нормативных документов не допускается.

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой. Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке умножения применяют знак «×».

Применение машинописных и рукописных символов в одной формуле не допускается.

Формулы, за исключением формул, помещаемых в приложении, должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках. Одну формулу обозначают (1). Допускается нумеровать формулы в пределах раздела.

Формулы, помещаемые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения, например формула (В.1).

Порядок изложения в ПЗ математических уравнений и неравенств такой же, как и формул.

Материал, дополняющий текст ПЗ, допускается помещать **в приложениях**. Приложениями могут быть, например, графический материал, таблицы большого формата, расчеты, описания аппаратуры и приборов, алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ, и т.д.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием вверху по середине страницы слова «Приложение» и его обозначения, а под ним в скобках для обязательного приложения пишут слово «обязательное», а для ин-

формационного – «рекомендуемое» или «справочное».

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

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O.

В случае полного использования букв русского и латинского алфавитов допускается обозначать приложения арабскими цифрами.

Если в ПЗ одно приложение, оно обозначается «Приложение А».

Приложения выполняют на листах формата А4. Допускается оформлять приложения на листах форматов А3, А4×3, А4×4, А2 и А1 по ГОСТ 2.301-68.

Все приложения должны быть перечислены в содержании ПЗ с указанием их номеров и заголовков.

Ссылки на литературные источники указываются порядковым номером (по списку источников), выделенным двумя косыми чертами или квадратными скобками.

Пример – /3/, [3].

При ссылке на иллюстрации следует писать «в соответствии с рисунком 3.1».

Ссылки на таблицы указываются порядковым номером таблицы.

Пример – в таблице 1.2.

Ссылки на формулы указываются порядковым номером формулы в круглых скобках.

Пример – по формуле (3.1).

В повторных ссылках на иллюстрации и таблицы указывается сокращенно слово «смотри».

Пример – см. таблицу 1.3.

Список использованных источников должен содержать перечень источников, использованных при выполнении курсового проекта. Источники располагаются в порядке появления ссылок в тексте. Сведения об источниках должны даваться в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003. Примеры библиографического описания источников при оформлении списков литературы показаны в таблице 1.6.

В ссылке допускается опускать отдельные элементы при условии, что оставшийся набор элементов позволит найти объект ссылки в библиотеке. Так, в ссылке на книгу допускается не указывать количество страниц. В ссылке на составную часть документа (например статью) может быть не указано его основное заглавие, но при этом обязательно указание страниц, на которых она опубликована. Если приведено основное заглавие, то страницы можно не указывать. В ссылке допускается сокращать названия журналов, издательств, мест изданий в соответствии с правилами, приведенными в ГОСТ 7.12-93; ГОСТ 7.11-78.

В ПЗ после задания помещают **содержание**, включающее номера и наименования разделов и подразделов с указанием номеров страниц.

Слово СОДЕРЖАНИЕ записывают в виде заголовка (симметрично тексту)

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

Таблица 1.6 – Примеры библиографического описания источников

Характеристика источника	Пример оформления
1...3 автора	Куперштейн, В. И. Современные информационные технологии в делопроизводстве / В. И. Куперштейн. – СПб. : БХВ, 2000. – 248 с. Агафонова, Н. Н. Гражданское право : учеб.пособие / Н. Н. Агафонова, Т. В. Богачева, Л. И. Глушкова ; под общ. ред. А. Г. Калпина. – 2-е изд., перераб. – М. : Юрист, 2002. – 542 с. Виглеб, Г. Датчики. Устройство и применение / Г. Виглеб ; пер. с нем. – М. : Мир, 1989. – 198 с.
4 и более авторов	Управленческая деятельность : структура, функции, навыки персонала / К. Д. Скрипник [и др.]. – М.: Приор, 1999 . – 189 с. Управление персоналом : учеб. пособие / С. И. Самыгин [и др.] ; под. ред. С. И. Самыгина. – Ростов н/Д : Феникс, 2001. – 511 с.
Многотомное издание или издание в частях	Сиберт, У. М. Цепи, сигналы, системы. В 2 ч. / У. М. Сиберт ; пер. с англ. – М. : Мир, 1998. – Ч.1 – 336 с. ; Ч.2 – 360 с. Компьютерное моделирование технологических систем : учеб. пособие. В 2 ч. – Минск : БГУИР : Ч.1 / С. П. Кундас, Т. А. Кашко, 2002 . – 168 с.; Ч. 2 / С. П. Кундас [и др.], 2004. – 191 с.
Отдельный том или часть	Компьютерное моделирование технологических систем : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 2 / С. П. Кундас [и др.] – Минск : БГУИР, 2004. – 191 с. Свирид, В. Л. Микроэлектронные и преобразовательные устройства : учеб. пособие. В 2 ч. Ч 1 : Микроэлектронные устройства / В. Л. Свирид. – Минск : БГУИР, 2005. – 134 с.
ГОСТы	ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. – Введ. 2004-11-01. – Минск : Госстандарт Респ. Беларусь, 2004. Общие требования к текстовым документам. ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. – Введ. 1996-07-01. – М : Изд-во стандартов, 1996.
Материалы конференций	Новые информационные технологии : тез. докл. XIII Междунар. студенч. шк.-семинара. г. Москва, 2005. – М. : МГИЭМ, 2005. – 361 с. Проблемы организации и управления реструктуризацией и развитием предприятий сферы, услуг : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., Новочеркасск, 30 марта 2005 г. – Новочеркасск : Темп, 2005. – 58 с.

<p>Статьи: - из материалов конференций</p> <p>- из периодических изданий</p>	<p>Бочков, А. А. Единство правовых и моральных норм как условие построения правового государства и гражданского общества в Республике Беларусь /А. А. Бочков, Е. Ф. Ивашкевич // Право Беларуси: истоки, традиции, современность: материалы междунар. науч.-практ. конф., Полоцк, 21–22 мая 2004 г. : в 2 ч. / Полоцкий гос. ун-т. – Новополоцк, 2004. – Ч. 1. – С. 74–76.</p> <p>Хронусов, Г. Автоматизированные системы контроля основных показателей электропотребления промышленных предприятий / Г. Хронусов, А. Кошта, А. Распутин // Современные технологии автоматизации. – 1998. – №1.</p>
<p>Электронные ресурсы</p>	<p>IBM DB2 Universal Database. SQL Reference Version 6. International Business Machines Corporation [Электронный ресурс]. – 1999. – Режим доступа : http://www.software.ibm.com/data/db2/library/.</p> <p>MySQL Reference Manual for version 4.0.17 [Электронный ресурс]. – 2003. – Режим доступа : http://www.mysql.com/.</p>

Библиотека БГУИР

2 ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

2.1 Влияние типа производства на объём и содержание проектирования технологических процессов

Согласно ГОСТ 14.004-83 ЕСТПП различают следующие типы производства: единичное, серийное, массовое. Серийное производство подразделяется на мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное. Тип производства определяется коэффициентом закрепления операции

$$K_{3,0} = O / P, \quad (2.1)$$

где O – количество различных операций, подлежащих выполнению в течение месяца;

P – число рабочих мест, необходимых для их выполнения.

Для различных типов производства коэффициенты закрепления операций принимаются равными:

- для мелкосерийного $20 < K_{3,0} \leq 40$;
- серийного $10 < K_{3,0} \leq 20$;
- крупносерийного $1 < K_{3,0} \leq 10$;
- массового $K_{3,0} = 1$;
- единичного $K_{3,0} > 40$ и не регламентируется.

На начальных стадиях проектирования технологических процессов величину коэффициента закрепления операции можно определить по формуле

$$K_{3,0} = T_{\epsilon} / T_{ум.ср}, \quad (2.2)$$

где T_{ϵ} – такт выпуска;

$T_{ум.ср}$ – среднее штучное время для выполнения операций обработки, которое считается как среднее арифметическое $T_{ум}$ по всем операциям техпроцесса.

$$T_{ум.ср} = \frac{\sum_1^n T_{ум}}{n}, \quad (2.3)$$

Здесь n – число операций.

Такт выпуска рассчитывается по формуле

$$T_{\epsilon} = \frac{60 \cdot F_q}{N}, \quad (2.4)$$

где F_q – действительный годовой фонд рабочего времени оборудования или рабочего места, ч;

N – годовая программа выпуска изделия.

Для определения действительного годового фонда времени работы рабочего места (оборудования) можно принять следующие исходные данные:

- количество рабочих дней в году 253;
- продолжительность рабочей недели 40 ч;
- продолжительность смены 8 ч.

Если деталь входит в состав изделия, годовая программа выпуска которого задана, то производственную программу детали определяют по формуле

$$N = N_1 \cdot m \cdot (1 + b / 100), \quad (\text{шт.}), \quad (2.5)$$

где N_1 – годовая норма выпуска изделия;

m – количество деталей, входящих в изделие;

b – количество деталей, которые необходимо изготовить дополнительно (запасные части).

В серийном производстве для технологического процесса важно рассчитать размер партии одновременно запускаемых в производство изделий:

$$n = N \cdot a / F, \quad (\text{шт.}), \quad (2.6)$$

где N – годовая программа выпуска деталей, шт.;

a – количество дней, на которое необходимо иметь запас деталей;

F – количество рабочих дней в году.

После определения типа производства решают другие вопросы, для которых тип производства является исходным фактором. Во многих конструкциях РЭС детали и узлы повторяются в разных количествах, поэтому тип производства следует определять индивидуально для каждой детали. Например, производство трансформаторов может быть серийным, а изготовление пластин магнитопроводов для них – массовым.

2.2 Экономическое обоснование варианта ТП по трудоёмкости и технологические методы повышения производительности труда

При разработке технологического процесса всегда можно создать несколько вариантов, в разной степени обеспечивающих выполнение всех требований рабочего чертежа и технических условий на изготовление деталей. Этому способствует наличие большого разнообразия методов обработки и типов оборудования.

Для выбора более экономичного варианта технологического процесса чаще всего используется трудоёмкость, которая непосредственно связана с производительностью, заработной платой, количеством необходимого оборудования и т.д. В серийном производстве трудоёмкость определяется штучно-калькуляционным временем:

$$T_{шк} = T_{шт} + T_{пз} / N, \quad (2.7)$$

где $T_{шт}$ – штучное время;

$T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время, необходимое для ознакомления с чертежом, технологическим процессом, наладкой станка, установки технологической оснастки и т. д.

Подготовительно-заключительное время рассчитывается на всю программу или партию изделий.

$T_{шт}$ определяется по формуле

$$T_{шт} = T_o + T_г + T_{об} + T_n, \quad (2.8)$$

где T_o – основное технологическое время;

$T_г$ – вспомогательное время;

$T_{об}$ – время технического и организационного обслуживания оборудования и рабочего места;

T_n – время перерывов в работе.

Сумму основного технологического и вспомогательного времени называют оперативным временем:

$$T_{оп} = T_o + T_г. \quad (2.9)$$

Если обозначить $(T_{об} + T_n) / T_{оп} \cdot 100$ через K , то

$$T_{шт} = T_{оп} \left(1 + \frac{K}{100}\right). \quad (2.10)$$

Обычно коэффициент K берётся в процентах от оперативного времени.

Основное технологическое время – время непосредственного изменения состояния обрабатываемой детали, т.е. изменения электрических, физических свойств и качества поверхности. Например, основное время избирательного травления фольгированного диэлектрика равно частному от деления толщины фольги n_ϕ на скорость травления V_T , т.е. $T_o = n_\phi / V_T$, а при обработке резанием

$T_o = \frac{L \cdot i}{S}$ (L – расчётная длина рабочего хода; i – число проходов; S – рабочая подача инструмента на один оборот шпинделя). Если обработка ведётся на оборудовании без участия человека, то основное технологическое время называется машинным ($T_{маш}$).

Вспомогательное время охватывает действия, сопровождающие время выполнения основной работы. Оно включает время на установку, закрепление и снятие обрабатываемой детали, управление механизмами, оборудованием, подвод и отвод рабочего инструмента на холостом ходу или перемещение детали с приспособлением в рабочую зону оборудования. Вспомогательное время устанавливается по нормативам от основного времени.

Нормирование технологических процессов должно быть выполнено с достаточной точностью, так как величина трудоёмкости служит основной для определения других технико-экономических показателей производства.

Трудоёмкость $T_{шк}$ часто называют технической нормой времени, а величину, ей обратную, нормой выработки.

Производительность технологического процесса Q определяется количеством деталей, изготавливаемых за единицу времени (час, смену).

$$Q = \Phi / \sum T_{шк}, \quad (2.11)$$

где Φ – фонд рабочего времени;

$\sum T_{шк}$ – трудоёмкость ТП по всем операциям.

Повышение производительности труда на рабочем месте достигается уменьшением $T_{шк}$. Уменьшение $T_{шк}$ возможно двумя путями: совмещением переходов операций во времени (одновременным их выполнением) и нормированием режимов обработки, предельное значение которых определяются возможностями оборудования и инструмента или особенностями протекания физико-химических процессов при обработке или формообразовании. Например, при обработке резанием чрезмерная интенсификация режимов (скорости резания) сказывается на увеличении скорости износа инструментов, что вызывает возрастание другой составляющей $T_{об}$ и в общем не уменьшает $T_{шк}$. Сокращение времени на выдержку в процессе прессования или формообразования деталей из терморезистивных пластмасс приводит к ухудшению прочностных и электрических свойств деталей, следовательно, вместо годных деталей получают брак. При штамповке деталей увеличение скорости хода ползуна прессы приводит к необоснованно большому расходу энергии в приводе главного двигателя и быстрому износу штампа. Поэтому рациональное уменьшение T_o возможно при замене существующего оборудования на более совершенное, использовании более эффективных технологических средств и инструментов и установлении режимов обработки, которые в целом не только уменьшали бы T_o , но и не увеличивали другие составляющие $T_{шк}$.

Уменьшение T_o и $T_{об}$ связано с повышением автоматизации всех действий технологического оборудования, увеличением скорости холостых ходов и совмещением выполнения вспомогательных действий и движений во времени с изменением состояния обрабатываемой детали. Сокращение этих составляющих достигается в серийном производстве при использовании станков с числовым программным управлением (ЧПУ), промышленных роботов, настройкой инструментальных блоков на размер вне оборудования, а в массовом производстве – при использовании автоматических линий оборудования и активного контроля качества деталей во время изготовления.

2.3 Краткая характеристика Единой системы технологической подготовки производства

В соответствии с ГОСТ 14.001-73 Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП) есть установленная государственными стандартами система организации и управления процессом технологической подготовки производства, предусматривающая широкое применение технологических процессов, стандартной технологической оснастки и оборудования, средств механизации и автоматизации технологических процессов, инженерно-технических и управленческих работ. Основное назначение ЕСТПП: обеспечение единого для всех предприятий и организаций системного подхода к выбору и применению методов и средств ТПП, соответствующим достижениям науки, техники и производства; освоение производства и выпуска изделий высшей категории качества в минимальные сроки, при минимальных трудовых и материальных затратах на ТПП; организация производства высокой степени гибкости, допускающей возможность непрерывного его совершенствования и быструю переналадку на выпуск новых изделий; рациональная организация механизированного и автоматизированного выполнения комплекса инженерно-технических и управленческих работ.

Обозначение стандартов ЕСТПП строится по классификационному принципу. Номер стандарта состоит из двух цифр, присвоенных классу стандартов ЕСТПП (класс 14); одной цифры (после точки), обозначающей классификационную группу стандартов; двузначного числа, определяющего порядковый номер стандарта в группе, и двузначного числа (после тире), указывающего год регистрации стандарта. Комплекс стандартов ЕСТПП включает следующие группы стандартов:

- 0 – общее положение;
- 1 – правила организации и управления процессом;
- 2 – правила обеспечения технологичности конструкций изделия;
- 3 – правила разработки и применения технологических процессов и средств технологического оснащения;
- 4 – правила применения технических средств механизации и автоматизации инженерно-технических работ;
- 5 – общие стандарты.

При разработке технологических процессов изготовления деталей в курсовом проекте необходимо руководствоваться следующими положениями, изложенными в соответствующих стандартах ЕСТПП.

ГОСТ 14.201-83* регламентирует общие правила отработки изделий на технологичность, устанавливает правила и порядок обеспечения технологичности конструкций деталей машиностроения и приборостроения. При отработке конструкций на технологичность учитываются требования, предъявляемые к деталям, заготовкам и материалам (подробнее в подразделе 3.2).

ЕСТПП устанавливает общие правила разработки ТП изготовления изделий. Разрабатываемый технологический процесс должен быть прогрессивным и обеспечивать повышение производительности труда и качества изделий. При изготовлении деталей это достигается применением станков с ЧПУ, роботов и гибких автоматизированных систем в условиях серийного производства. При этом обращается внимание на широкое использование САПР при проектировании технологических процессов. Особое внимание уделяется применению типовых ТП, базирующихся на использовании научно-технических достижений и передового опыта, рациональном использовании материальных и трудовых ресурсов с учётом конкретных производственных условий.

Выбор оборудования и технологической оснастки при разработке ТП изготовления деталей производится в соответствии с объёмом производства. В условиях мелкосерийного производства значительный эффект можно ожидать при использовании универсального оборудования. Применение различных приспособлений и дополнительных механизмов расширяет возможности станков и позволяет быстро перестроиться на выпуск другого вида продукции.

Универсальная и сборно-разборная оснастка – основные виды технологического оснащения. Применение универсальной технологической оснастки является одним из эффективных путей, сокращающим цикл ТПП.

ЕСТПП устанавливает основные положения и правила работы средств технологического оснащения процессов технического контроля. Необходимым показателем при выборе операций контроля является: точность измерений, достоверность, трудоёмкость и стоимость контроля.

Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров от 1 до 500 мм, устанавливает ГОСТ 8.051-81. Применение прогрессивных механизированных и автоматизированных, универсальных и стандартных средств контроля повышает достоверность и точность контролируемых параметров и снижает стоимость контроля. При выборе средств контроля необходимо отдавать предпочтение дешёвым средствам контроля, более простым в использовании, требующим для работы контролёров невысокой квалификации и условий работы со свободным температурным режимом, возможность переналадки и многократного использования при измерении объектов в случаях индивидуального и серийного производства.

При обработке деталей на станках с ЧПУ эффективность эксплуатации оборудования обеспечивается правильным выбором режущего инструмента и организацией его эксплуатации. ЕСТПП предусматривает правила организации инструментального хозяйства, определения потребности в технологической оснастке, планирования приобретения и обеспечения производства последней, организации её эксплуатации, обеспечение рабочих мест.

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

3.1 Основные положения проектирования технологических процессов

Разработка технологических процессов является одной из основных функций технологической подготовки производства. ЕСТПП устанавливает два вида технологических процессов: единичный и типовой.

Единичный технологический процесс разрабатывается для изготовления изделия одного наименования, исполнения и типоразмера (не зависимо от типа производства).

Типовой технологический процесс характеризуется единством содержания и последовательности большинства технологических операций и переходов для группы изделий с общими конструктивными признаками (например, группы корпусов, группы панелей или группы подложек микросхем). Типовой технологический процесс применяется как информационная основа при разработке рабочего технологического процесса конкретной детали; как рабочий технологический процесс при наличии всей необходимой информации для изготовления детали.

По признаку основного назначения каждый вид технологического процесса может быть охарактеризован как рабочий или перспективный процесс.

Рабочий технологический процесс применяется для изготовления конкретного изделия в соответствии с требованиями технической документации.

Перспективный технологический процесс используется как информационная основа для разработки технологических процессов при техническом и организационном перевооружении производства.

В курсовом проекте студенту необходимо выбрать типовой технологический процесс и на его основе разработать рабочий технологический процесс на заданную деталь, при этом типовой технологический процесс может рассматриваться как аналог, с которым можно сопоставить новый процесс и обосновать его целесообразность.

Разработка рабочих технологических процессов на основании типовых в общем случае включает:

- отнесение изготавливаемого изделия на основании технологического классификатора к соответствующей классификационной группе;
- выбор конструкторско-технологического кода типового ТП;
- уточнение состава и последовательности операций;
- уточнение выбранных средств технологического оснащения.

Работу по этой схеме можно осуществить при наличии действующей системы кодирования, технологических классификаторов и других документов, входящих в систему поиска.

3.2 Отработка конструкции на технологичность

Общие положения

Под технологичностью конструкции изделия (ТКИ) понимают совокупность свойств конструкции изделия, проявляемых в снижении оптимальных затрат труда, средств, материалов и времени при технической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте, по сравнению с соответствующими показателями однотипных конструкций изделий того же назначения. Различают производственную, эксплуатационную, ремонтную технологичность и технологичность при техническом обслуживании, технологичность конструкции деталей и сборочной единицы, а также технологичность конструкции по процессу изготовления, форме поверхности, размерам, материалам.

Стандарты ЕСТП предусматривают обязательную отработку конструкций на технологичность на всех стадиях их создания. Общие правила отработки конструкций на технологичность регламентируются ГОСТ 12.201-83*.

Различают качественную и количественную оценки ТКИ.

К качественным характеристикам ТКИ относят: взаимозаменяемость, регулируемость, контролепригодность и инструментальную доступность конструкции.

Количественная оценка технологичности конструкции основана на системе показателей, которые согласно ГОСТ 14.201-83* делятся на три вида:

- базовые показатели технологичности, оптимальные значения и предельные отклонения которых регламентированы для однотипных изделий отраслевыми стандартами и указываются в техническом задании на разработку изделия;

- показатели технологичности конструкции, достигнутые при разработке изделия;

- показатели уровня технологичности конструкции разрабатываемого изделия, которые определяются как отношения показателей ТКИ нового изделия к базовым показателям ТКИ.

По области проявления свойств ТКИ различают производственную и эксплуатационную технологичности. *Производственная* технологичность конструкции проявляется в сокращении затрат средств, времени на конструкторскую и технологическую подготовку производства и процессы изготовления. *Эксплуатационная* технологичность проявляется в сокращении затрат средств и времени на техническое обслуживание и ремонт изделия.

Вид изделия, объём выпуска и тип производства являются главными факторами, определяющими требования к технологичности конструкции изделия. При проектировании изделия технолог должен участвовать во всех стадиях проектирования, что позволяет быстрее получить данные для подготовки производства.

Основные задачи, решаемые при анализе технологичности конструкции обрабатываемой детали, сводятся к возможному уменьшению трудоёмкости и материалоёмкости, возможности изготовления и обработки высокопроизводительными методами. Таким образом, улучшение технологичности конструкции позволяет снизить себестоимость её изготовления без ущерба для служебного назначения.

Отработке конструкции на технологичность надлежит заниматься на протяжении всего периода работы над курсовым проектом, так как ряд соображений возникает непосредственно при разработке технологического процесса, выбора заготовки, проектировании оснастки и т.д. Тем не менее в значительной мере эта работа может быть выполнена на основании изучения рабочих чертежей. Окончательно оформить этот раздел расчётно-пояснительной записки следует после разработки технологического процесса.

Общие требования к технологичности конструкции детали

В зависимости от принадлежности следует различать взаимосвязанные детали и самостоятельные. Взаимосвязанными считают детали, являющиеся составными частями других изделий. Самостоятельными являются детали, не входящие в состав других изделий (например, резец, сверло, фреза и др.).

Технологичность конструкции взаимосвязанной детали должна удовлетворять общим требованиям, предъявляемым к изделию, в состав которого она входит, и частным требованиям, связанным непосредственно с её технологичностью. Технологичность конструкции самостоятельной детали следует обеспечивать на всех стадиях ее разработки, исходя из базовых показателей технологичности, указанных в техническом задании.

Конструкцию детали следует отрабатывать на технологичность комплексно, учитывая зависимость от технологичности исходной заготовки детали, от каждого вида обработки в технологическом процессе изготовления, от технологичности сборочной единицы, в которую эта деталь входит.

Конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов или быть в целом стандартной. Состав конструктивных элементов выбирают с учетом ограничительных перечней, стандартов и карточек применяемости.

Форма и габариты детали, основные и вспомогательные базы и их сочетание, схемы простановки размеров, конструктивные элементы, материалы, покрытия, требования к упрочнению должны максимально соответствовать принятым для типовой конструкции детали.

Для изготовления деталей следует применять стандартные или унифицированные заготовки. Размеры и поверхности детали должны иметь оптимальные (экономически и конструктивно обоснованные) точность и шероховатость.

Физико-химические и механические свойства материала, жесткость детали, её форму и размеры выбирают с учетом требований технологии изготовления и ремонта (включая процессы упрочнения, коррозионной защиты и др.), хранения и транспортирования.

Заготовки должны быть получены рациональным способом с учетом заданного объема выпуска типа производства. При выборе метода изготовления заготовок следует исходить из возможности одновременного изготовления нескольких деталей.

Конструкция детали должна обеспечивать возможность применения типовых и стандартных технологических процессов ее изготовления и ремонта.

Расчет показателей технологичности

Показатели технологичности по своему составу определяются применительно к конкретным изделиям. Для электронно-оптической аппаратуры и РЭС (ОСТ 4.091.114-78 ЕСТПП) устанавливается следующая номенклатура частных базовых показателей технологичности деталей, характеризующих конструктивно-технологические особенности изделия:

- коэффициент унификации конструкции ($K_{ун}$);
- коэффициент стандартизации конструкции ($K_{см}$);
- коэффициент точности обработки ($K_{точ}$);
- коэффициент шероховатости поверхности ($K_{ш}$).

К показателям технологичности, характеризующим технологию изготовления деталей, относятся:

- трудоёмкость изготовления (T_{δ});
- технологическая себестоимость ($C_{т. \delta}$);
- масса детали (M_{δ});
- коэффициент применения типовых технологических процессов ($K_{т. т. н}$);
- коэффициент автоматизации и механизации технологических процессов ($K_{авт}$);
- коэффициент использования прогрессивных методов формообразования ($K_{пр}$);
- коэффициент использования материала ($K_{исп.м}$).

Для деталей РЭС и ЭОС на стадии проектирования технологических процессов используются семь частных показателей технологичности, представленных в таблице 3.1. Эти показатели выстроены в ранжированную последовательность в порядке убывания степени влияния на технологичность детали. Каждому показателю поставлен в соответствие весовой коэффициент j_i , зависящий от порядкового номера показателя в этой последовательности. На основании этих показателей рассчитывается комплексный показатель технологичности по формуле

$$K = \frac{\sum_{i=1}^7 K_i j_i}{\sum_{i=1}^7 j_i} \quad (3.1)$$

где K_i – частный показатель технологичности.

Комплексный показатель технологичности находится в пределах $0 < K \leq 1$ и должен быть больше нормативного.

Таблица 3.1 – Показатели технологичности конструкции детали

i	Коэффициент технологичности	Обозначение	ϕ_i
1	Коэффициент унификации конструкции	$K_{ун}$	1,0
2	Коэффициент точности обработки	$K_{точ}$	1,0
3	Коэффициент использования прогрессивных методов формообразования	$K_{пр}$	0,8
4	Коэффициент применения типовых технологических процессов	K_{mtn}	0,5
5	Коэффициент стандартизации конструкции	$K_{ст}$	0,3
6	Коэффициент шероховатости поверхности	$K_{ш}$	0,2
7	Коэффициент использования материала	$K_{исп.м}$	0,1

Коэффициент унификации конструкции детали (применяемости унифицированных или стандартных элементов) рассчитывается по формуле

$$K_{ун} = Q_{к.э}^{y(ct)} / Q_{к.э} \quad (3.2)$$

где $Q_{к.э}^{y(ct)}$ – число унифицированных (стандартных) конструктивных элементов;

$Q_{к.э}$ – общее число конструктивных элементов в изделии.

Коэффициент стандартизации конструкции (повторяемости конструктивных элементов) детали рассчитывается по формуле

$$K_{ст}^{кэ} = 1 - Q_{к.э}^* / Q_{к.э} \quad (3.3)$$

где $Q_{к.э}^*$ – число типоразмеров конструктивных элементов в изделии.

Коэффициент точности обработки рассчитывается по формуле

$$K_{точ} = 1 - \frac{1}{A_{cp}} \quad (3.4)$$

где $A_{cp} = \frac{\sum A \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots}$ – средний квалитет точности обработки;

A – квалитет точности обработки;

n_i – количество размеров с квалитетом точности обработки A .

Коэффициент шероховатости поверхности рассчитывается по формуле

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}}, \quad (3.5)$$

где $B_{cp} = \frac{\sum B \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{n_1 + 2n_2 + \dots + 14n_{14}}{n_1 + n_2 + \dots + n_{14}}$ – среднее значение параметра шероховатости поверхностей детали;

B – значение параметра шероховатости поверхности;

n_i – количество поверхностей с параметром шероховатости B .

Коэффициент использования прогрессивных методов формообразования рассчитывается по формуле

$$K_{np} = \frac{O_{np}}{O}, \quad (3.6)$$

где O_{np} – количество операций в маршруте изготовления детали, использующих прогрессивные методы формообразования;

O – общее количество операций в маршруте изготовления детали.

Коэффициент применения типовых технологических процессов рассчитывается по формуле

$$K_{m.m.n} = \frac{O_{m.m.n}}{O}, \quad (3.7)$$

где $O_{m.m.n}$ – количество операций в маршруте изготовления детали, взятых из типового ТП изготовления детали-аналога.

Коэффициент использования материала для изготовления детали рассчитывается по формуле

$$K_{исп.м} = M_{д} / M_{з}, \quad (3.8)$$

где $M_{д}$ – масса детали;

$M_{з}$ – масса заготовки детали.

При изготовлении детали из листового исходного материала методом холодной листовой штамповки без изменения толщины $K_{исп.м}$ определяется по формуле

$$K_{исп.м} = F_{д} / F_{з}$$

где $F_{д}$ – площадь детали;

$F_{з}$ – площадь заготовки детали.

Производственная технологичность конструкции изделия

Когда конструкция детали становится объектом производства, при обработке её на технологичность учитываются:

- виды заготовок и методы их получения;

- виды и методы обработки;
- виды и методы контроля и испытания;
- возможность применения типовых технологических процессов;
- возможность механизации и автоматизации процессов подготовки производства.

При отработке конструкций деталей на технологичность следует руководствоваться отраслевыми стандартами, которые устанавливают технологические требования к конструкциям деталей, изготавливаемых различными методами.

При конструировании детали важнейшее значение имеет правильный выбор метода изготовления. В этом случае удастся успешно разрешить противоречивые требования функционального и технологического характера. Например, чем ответственнее деталь, тем предпочтительнее ее изготовление методами обработки давлением, особенно когда прочность детали должна совмещаться с ее легкостью.

Литьё по сравнению с другими видами изготовления более предпочтительно в том случае, если необходимо изготовить деталь сложной конфигурации.

Обработка резанием является наиболее дорогостоящим методом изготовления деталей и не является абсолютно неизбежной – чем совершеннее методы литья и обработки давлением, тем меньший объём в производстве деталей занимает обработка резанием. При выборе материала следует исходить из требований конструктивных (материал должен удовлетворять химическим условиям, условиям эксплуатации) и технических (материал должен легко обрабатываться резанием, давлением, иметь хорошие литейные свойства). Материалы, отвечающие этим требованиям, считаются технологическими. Выбор и назначение технологического материала – сложная и ответственная задача, которую решают на различных стадиях, начиная с разработки технического проекта.

Элементы конструктивной базы ЭОС и РЭС могут быть изготовлены из различных материалов разнообразными способами, каждый из которых предъявляет к конструктивным формам и размерам свои специфические и технологические требования. Даже при небольшом объеме производства имеется возможность перехода на точные и производительные способы производства заготовок, так как более дорогая заготовка, изготовленная с меньшим припуском и большей точностью по отношению к детали, может быть в конечном итоге экономичнее.

Для групп материалов – деформируемых сплавов – исходной заготовкой являются прутки различного профиля, листы, полосы, ленты, используемые для многих операций изготовления деталей холодной штамповкой.

Для литейных металлических сплавов исходный материал – чушки, слитки, из которых изготавливают отливки. В производстве ЭОС и РЭС наибольшее

распространение получили литье под давлением, по выплавляемым моделям, в оболочечные формы, кокиль и др.

Для группы порошковых материалов исходный вид заготовки – порошки из различных металлов и неметаллов с грануляцией от 0,1...500 мкм. Метод изготовления – порошковая металлургия, которая заключается в прессовании с последующим спеканием или горячим прессованием.

Заготовки из термопластичных и термореактивных пластмасс изготавливают литьем под давлением, прямым или литьевым прессованием, штамповкой из листового материала.

Перечисленные виды заготовок и способы их изготовления обеспечивают в той или иной степени конструкторско-технологические, точностные и функциональные параметры деталей.

Технологические требования к литым металлическим заготовкам

Выбор литейного сплава деталей зависит, прежде всего от характера нагрузок, которым они подвергаются в процессе эксплуатации, их конфигурации, определяющей технологию изготовления, условий кристаллизации жидкого металла, физических, механических, литейных свойств сплава, а также стоимости. Наиболее полные сведения о физических, механических, литейных свойствах сплавов, технологии их изготовления, подготовке к заливке можно найти в [6].

При обеспечении технологичности конструкции литой детали необходимо прежде всего учитывать выбранный способ литья, исходные механические и эксплуатационные свойства, влияющие на уровень производственных и эксплуатационных затрат. Отливки должны иметь очень близкую к очертаниям готовых деталей конфигурацию, высокую размерную точность, обуславливающую минимальные припуски на механическую обработку, и малую шероховатость поверхности. Конструкция детали должна отвечать следующим основным техническим требованиям:

- детали должны иметь простое внешнее очертание без резких углов, высоких ребер и выступов, а также минимальное число внутренних полостей;
- конструкция отливки должна обеспечивать направленное затвердевание металла и достаточную сопротивляемость усадочным и термическим напряжениям;
- литые детали следует изготавливать по возможности небольшой массы, подвергать минимальной механической обработке.

Необходимо предусматривать конструктивные уклоны, обеспечивающие легкое извлечение отливки из формы. Стенки должны быть оптимальной толщины, удовлетворяющей условиям заливки металла в соответствии с выбранным способом литья.

При изготовлении деталей методом литья под давлением получают отливки с высокой точностью размеров, низкой шероховатостью поверхности и

минимальными припусками на механическую обработку. Важнейшая задача при конструировании отливок – определение рациональной плоскости разъема пресс-формы и возможности формирования отверстий с помощью подвижных и неподвижных стержней. При этом способе литья соблюдение принципа направленности затвердевания затрудняется в связи с высокими скоростями кристаллизации, поэтому конструкция отливки должна быть такой, чтобы металл затвердел по всем её сечениям одновременно. Этому требованию удовлетворяет равностенная конструкция с минимально возможной толщиной стенки. Рекомендуемые толщины стенок при изготовлении отливок литьём под давлением приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Толщины стенок отливки в зависимости от площади её внешней поверхности, мм

Материал	Площадь внешней поверхности отливки, см ²				
	До 25	25...100	100...250	250...500	Свыше 500
Цинковые сплавы	0,5	0,8	1,0	1,5	2,0
Алюминиевые сплавы	0,8	1,2	1,5	2,5	3,0
Магниевые сплавы	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Медные сплавы	2,0	2,5	3,0	3,5	–
Сталь	2,0	3,0	5,0	–	–

Величина конструктивных уклонов зависит от вида сплава и толщины стенки отливки. Рекомендуемые уклоны внутренних и наружных поверхностей даны в таблице 3.3.

Минимальный диаметр отверстий, получаемых в отливках для цинковых сплавов, 1,5 мм при длине 6...10 мм; для алюминиевых и магниевых сплавов 2,5 мм при длине 3...4 мм; медных 5 мм при длине 10 мм. В отливках из медных сплавов можно получать отверстия диаметром до 2,5 мм при глубине не более 2,5 диаметров. При этом конструктивный уклон подвижных стержней должен быть в пределах $2^{\circ} \dots 2^{\circ}30'$, а неподвижных $4 \dots 5^{\circ}$.

При конструировании отливок, получаемых литьем по выплавляемым моделям, учитывают следующие их особенности. Наименьшая толщина стенок отливок по выплавляемым моделям, которая может быть выполнена без применения специальных условий заливки (вакуумное всасывание, центробежное литье, литье под низким давлением), 1...2 мм. Наиболее часто встречаемые толщины стенок отливок, получаемых литьем по выплавляемым моделям из различных сплавов, приведены в таблице 3.4. В данных плоских стенках, имеющих площадь более 100 см², следует предусматривать технологические отверстия диаметром 20 мм (рисунок 3.1).

Таблица 3.3 – Уклоны стенок отливок

Сплавы	Толщина стенок отливки, мм	Уклоны стенок отливки	
		наружных	внутренних
Цинковые	До 2	0°15'	0°30'
	Свыше 2	0°10'	1°
Алюминиевые и магниевые	До 2	0°30'	0°30'
	Свыше 2	0°20'	0°30'...1°
Медные	До 2	0°20'	0°30'
	Свыше 2	0°15'	1°...1°30'

Таблица 3.4 – Минимальная толщина стенок отливок (литье по выплавляемым моделям) в зависимости от размера отливок, мм

Сплавы	Размеры отливок, мм				
	10...50	50...100	100...200	200...300	Свыше 350
Цинковые	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Медные	-	-	2,5	3,0	3,5
Магниевые	-	-	2,5	3,0	3,5
Алюминиевые	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
Сталь углеродистая	-	-	2,5	3,0	4,0

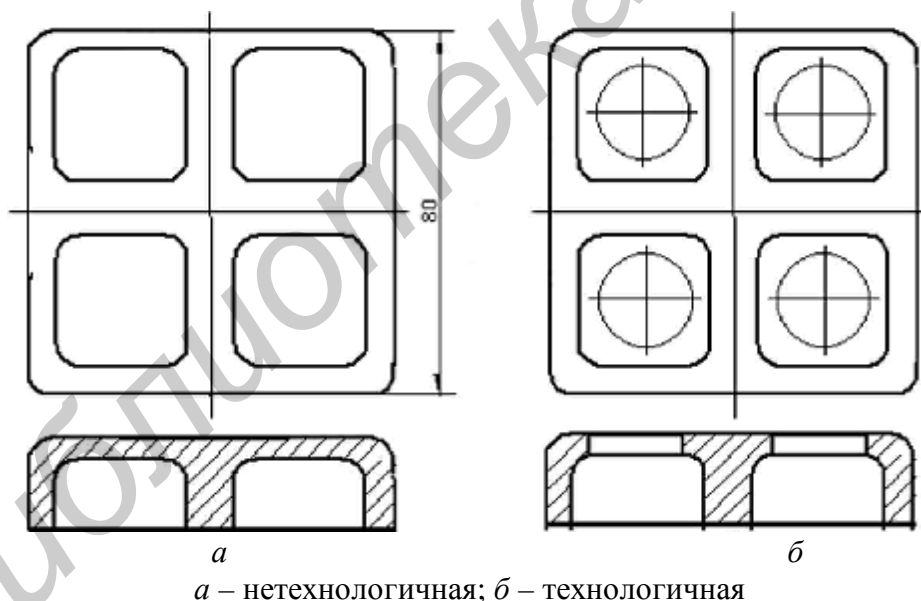


Рисунок 3.1 – Отливка с большой площадью плоской поверхности

При конструировании пазов следует учесть условие, чтобы расстояние между выступами или ребрами, образующими пазы шириной d глубиной H (рисунок 3.2.), для цветных металлов и их сплавов было не менее 1 мм, для стали – не менее 2,5 мм, а в общем случае должно выполняться условие $d = 0,5 H$. Необ-

ходимо избегать внутренних полостей, карманов, поднутрений, усложняющих изготовление стержней.

Технологические требования к деталям, изготавливаемым холодной штамповкой

При изготовлении деталей холодной штамповкой необходимо учитывать условие соблюдения минимальных размеров выступов и пазов (рисунок 3.3), которые должны соответствовать данным таблицы 3.5.

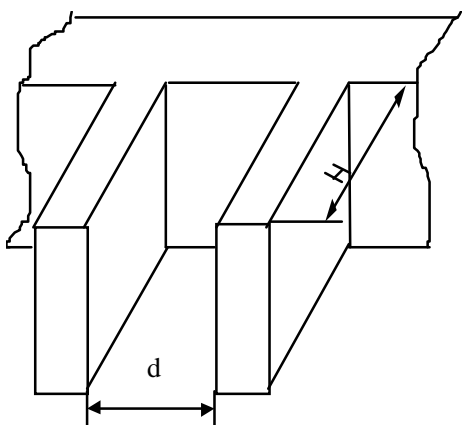


Рисунок 3.2 – Конструкция паза в отливке

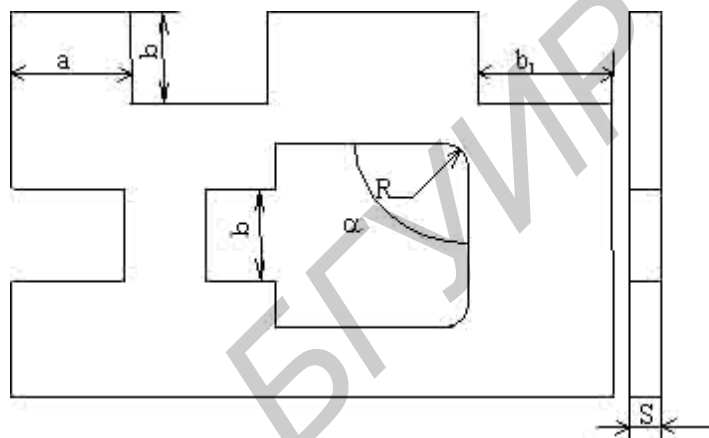


Рисунок 3.3 – Конструктивные элементы плоских деталей

Таблица 3.5 – Минимальные размеры выступов и пазов

Материал	a	b	b_1
Алюминиевые сплавы, медь, латунь	$1,2S$	$1,8S$	S
Сталь	$1,5S$	$1,5S$	$1,2S$
Неметаллические материалы	$2,5S$	$2,0S$	$2,0S$

Наименьшие расстояния между кромками отверстий, кромкой отверстия и краем детали (рисунок 3.4) должны соответствовать данным таблицы 3.6.

Минимальные размеры пробиваемых отверстий в штампах обычной точности должны соответствовать данным таблицы 3.7.

Минимальные размеры сопряжения наружного и внутреннего контуров детали (рисунок 3.5) назначаются по таблице 3.8, но наименьший радиус сопряжения должен быть не менее 0,5 мм для стальных деталей.

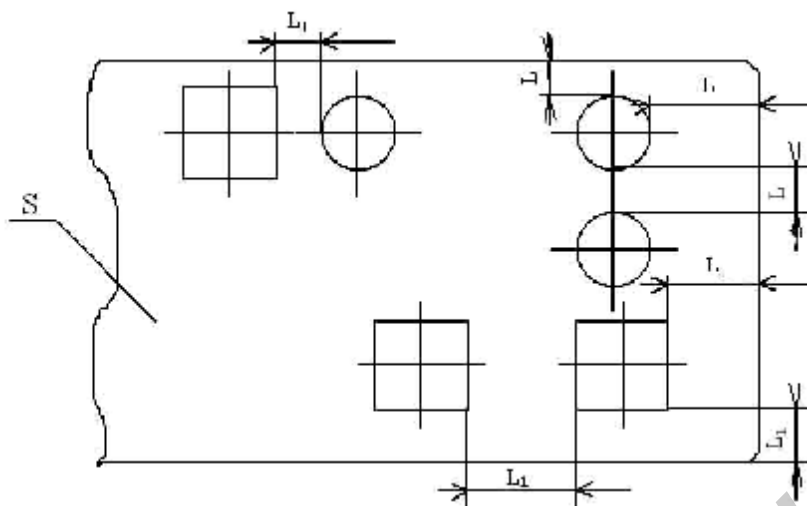


Рисунок 3.4 – Конструктивные элементы плоских деталей

При изготовлении деталей РЭС гибкой важнейшим параметром является минимальный радиус сгиба (рисунок 3.6), при котором происходит разрушение металла по выпуклой поверхности. Значения минимальных относительных радиусов r/S (S – толщина материала) для некоторых материалов приведены в таблице 3.9. Высоту отгибаемой полки следует определить по формуле $h \geq 3S + r$.

Таблица 3.6 – Минимальное значение расстояний между кромками отверстий, кромкой отверстий и краем детали

Материал	L	L_1
Металлические сплавы	S	$1,2S$
Гетинакс	$2S$	$3S$
Текстолит	S	$1,5S$
Стеклотекстолит	$1,2S$	$2S$

Таблица 3.7 – Минимальные размеры пробиваемых отверстий в штампах

Материал	Форма отверстий			
	Круглая	Квадратная	Прямоугольная	Овальная
Алюминий, цинк	$0,7S$	$0,6S$	$0,5S$	$0,45S$
Латунь, медь	$0,8S$	$0,7S$	$0,6S$	$0,55S$
Сталь с содержанием углерода до 0,3%	$1,0S$	$0,9S$	$0,7S$	$0,60S$
Сталь с содержанием углерода свыше 0,3%	$1,2S$	$1,1S$	$0,9S$	$0,8S$
Сталь коррозионно-стойкая	$1,5S$	$1,4S$	$1,2S$	$1,10S$
Гетинакс	$0,6S$	$0,7S$	$0,5S$	$0,5S$
Текстолит, стеклотекстолит	$0,4S$	$0,5S$	$0,3S$	$0,3S$
Винипласт	$1,2S$	$1,0S$	$1,0S$	-

Таблица 3.8 – Минимальные размеры сопряжения узлов

Материал	R_1	R_2	R_3	R_4
Металлические сплавы	$0,5S$	$0,25S$	$0,60S$	$1,20S$
Гетинакс	$0,45S$	$0,6S$	$1,6S$	$1,2S$
Текстолит	$0,3S$	$0,5S$	$1,2S$	$0,8S$
Стеклотекстолит	$0,35S$	$0,5S$	$1,2S$	$0,8S$
Винипласт	$0,70S$	$1,0S$	$2,0S$	$2,5S$

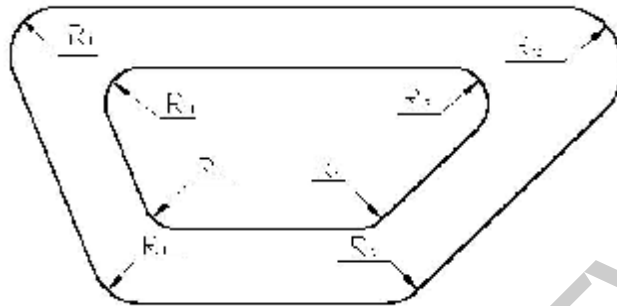


Рисунок 3.5 – Конструктивные элементы плоских деталей

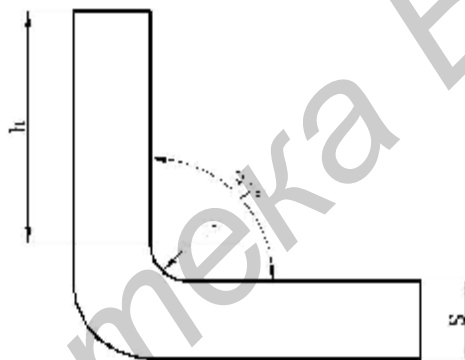


Рисунок 3.6 – Деталь, получаемая гибкой

Таблица 3.9 – Допустимые радиусы сгиба при гибке на 90°

Материал	r/S	Материал	r/S
Сталь 08КП, 10КП	0,3/1,0	Латунь ЛС59	0,8/2,0
Сталь 15, 20	0,5/1,3	Латунь ЛС62	0,8/2,0
Сталь 25, 30	0,8/3,0	Латунь Л68	0,8/2,0
Сталь 40, 50	1,2/3,0	Медь	0,25/0,7
Сталь 30ХГСА	0,8/3,0	Алюминиевый сплав АД1	0,35/1,0
Сталь 12Х18Н10Т	1,0/2,0	Алюминиевый сплав Д16 закаленный и состаренный	2,0/4,0
Сталь 09Х15Н8Ю нормализованная	2,0/4,0	Алюминиевый сплав Д16 отожженный	1,5/3,5
Сталь 09Х15Н8Ю полунагартованная	3,0/7,0	Титановый сплав НТ 1-0	2,5/1,5*
Сталь 09Х15Н8Ю нагартованная	4/10	Титановый сплав ОТ 4-0	3,5/2,0*

Примечание – В числителе приведены значения относительных радиусов при гибке поперек волокон, в знаменателе – вдоль волокон. *– гибка с нагревом.

При обработке на технологичность конструкции деталей, изготавливаемых вытяжкой, следует обращать внимание на рациональность формы полых деталей (таблица 3.10).

Так как вытяжка представляет собой процесс получения полых детали из плоской заготовки, то основным технологическим параметром здесь является относительное изменение наружных размеров заготовки за один переход. При асимметричной форме детали возможности процесса характеризуются коэффициентом вытяжки


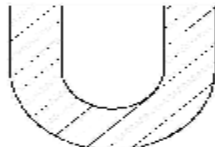

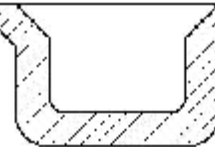
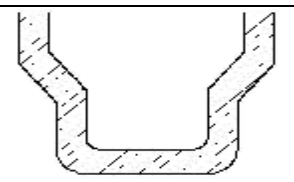
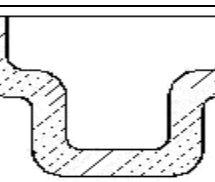
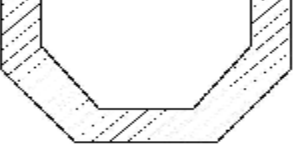
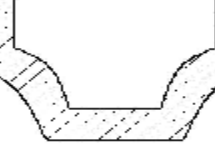
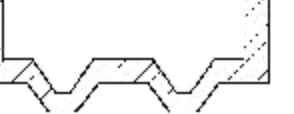
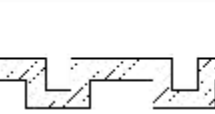
$$m = D / D_{заг} , \quad (3.9)$$

где $D_{заг}$ – диаметр заготовки;

D – диаметр детали.

Коэффициент вытяжки зависит от материала, размера рабочих частей штампа (радиусов матрицы R_n и пуансона $R_{п}$), смазочного материала, условий деформирования и других факторов. Основное требование, предъявляемое к деталям, получаемым вытяжкой, – минимальное число операций вытяжки, зависящее от относительной высоты H/D (рисунок 3.7).

Таблица 3.10 – Выбор рациональной формы полых деталей

Рекомендации по выбору конструкции детали	Вид конструкции	
	Технологичная	Нетехнологичная
Плоское дно более рационально, чем сферическое		
Прямой фланец упрощает конструкцию штампа		
В ступенчатых деталях переход от одного диаметра к другому выполняют наклонными. Разность диаметров наименьшая		
Избегают криволинейных образований на боковых поверхностях		
Выступы делают с конусными стенками и по возможности более низкими		

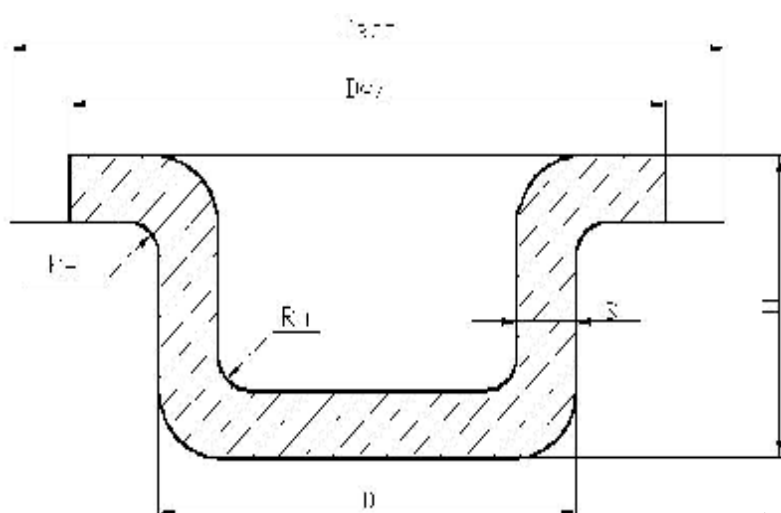


Рисунок 3.7 – Конструктивные элементы детали, получаемой вытяжкой

При вытяжке прямоугольных коробок (рисунок 3.8) их относительная высота H/B определяется по данным таблицы 3.11.

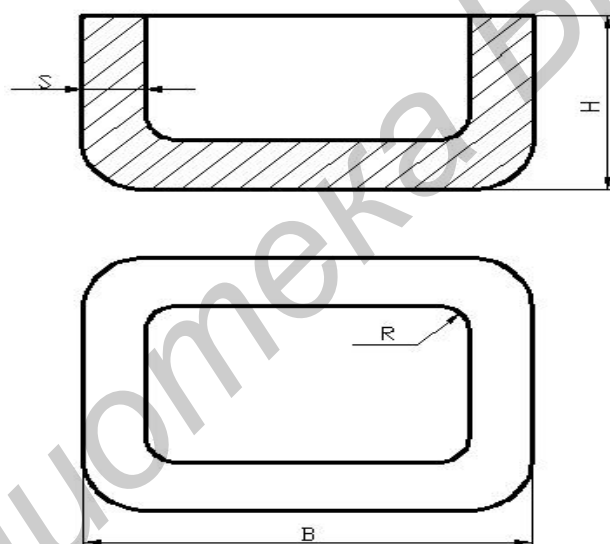


Рисунок 3.8 – Прямоугольная деталь, получаемая вытяжкой

Радиусы сопряжений R_H и R_D зависят от толщины и свойств материала. Радиусы закруглений $R_D = (1...0,5)R_H$. Значение относительного радиуса сопряжения R_H/S при вытяжке деталей с фланцем при относительной толщине заготовки:

$S/D_{заг} \cdot 100$	R_H/S
2,0...1,0	10...15
1,0...0,2	15...20
0,2...0,06	20...30

Таблица 3.11 – Относительная высота прямоугольных деталей, вытягиваемых за одну операцию (стали 08 и 10)

Относительный радиус угловых закруглений	Относительная толщина заготовки ($S / D_{заг}$)			
	2...1,5	1,5...1,0	1,0...0,5	0,5...0,2
0,3	1,10	1,0	0,95	0,87
0,2	0,95	0,81	0,77	0,75
0,15	0,80	0,75	0,70	0,65
0,10	0,70	0,62	0,57	0,52
0,05	0,6	0,52	0,47	0,42
0,25	0,45	0,40	0,35	0,30

Технологические требования к деталям, обрабатываемым резанием

При отработке конструкций деталей на технологичность необходимо соблюдать следующие требования:

- в качестве технологических и измерительных следует использовать конструкторские базы;
- обрабатываемые поверхности должны иметь однотипные формы;
- проставляемые размеры должны обеспечивать требуемую точность изготовления деталей;
- тип и конструкция заготовки должны допускать возможность использования в конструкции детали необработанных поверхностей и иметь минимальные припуски на обработку;
- конструкция детали должна обеспечивать при обработке применение высокопроизводительных технологических процессов.

Материал заготовки следует выбирать с наиболее высоким коэффициентом обрабатываемости K , который определяется по формуле

$$K = V / V_{45}, \quad (3.10)$$

где V – скорость резания, допускаемая при обработке выбранного материала;

V_{45} – скорость резания при обработке стали 45.

В таблице 3.12 приведены коэффициенты обрабатываемости K и предел прочности σ_b некоторых марок материалов.

Таблица 3.13 иллюстрирует связь между уровнем обрабатываемости материалов и лёгкостью получения требуемой шероховатости поверхности для сталей, условно разделённых по значению K на пять групп.

Обрабатываемость сталей зависит от содержания углерода и легирующих элементов. С увеличением содержания углерода обрабатываемость ухудшается, одновременно увеличивается возможность получения более высоких параметров шероховатости поверхности, но растут усилия резания. При содержании углерода в сталях до 0,3 % шероховатость поверхности следует назначать выше

R_a 3,2 мкм. Для получения шероховатости ниже R_a 3,2 мкм необходимо применять стали с содержанием углерода более 0,3 %.

Таблица 3.12 – Коэффициент обрабатываемости и предел прочности материалов

Марка материала	Предел прочности σ_b , МПа	Коэффициент относительной обрабатываемости при точении инструментом	
		из быстрорежущей стали	из твёрдых сплавов
Стали:			
A12	700...800	1,20	2,00
10	800...900	0,95	-
20	700...800	1,00	1,00
35	600...700	0,82	0,82
45	700...800	0,80	1,00
УВД	1000...1100	0,44	0,60
20X	700...800	0,85	1,00
40X	1000...1100	0,47	0,60
12ХН3А	700...800	0,95	0,95
25Х13Н2	1100...1200	0,47	0,63
20Х13	600	-	1,22
12Х13	660	-	1,24
12Х18Н9Т	620	-	0,73
4Х18Н2М	660	-	0,60
Магниеые сплавы	-	5,0	10,00
Латуни:			
ЛА67-2,5; ЛК80-3П	40	3,00	4,86
Алюминиевые сплавы:			
АЛ2; АЛ4; АЛ8; АЛ9	2	4,00	7,00
Медные сплавы:			
Бр АЖ9-4	-	1,20	2,00
Бр АМЦ9-2	-	1,80	2,86
Бр ОФ6,5-0,15	-	3,60	5,72
Бр ОЦ4-3	-	3,00	4,86

Таблица 3.13 – Возможности получения требуемой шероховатости поверхности в зависимости от обрабатываемости стали

Обрабатываемость стали	Коэффициент относительной обрабатываемости K	Возможность получения требуемой шероховатости поверхности
Высокая	2,1...1,5	Очень трудно
Хорошая	1,4...1,0	Без особых затруднений
Удовлетворительная	1,0...0,8	Легко или без особых затруднений
Пониженная	0,8...0,5	Легко
Трудная	Менее 0,5	Легко

Технологические требования, предъявляемые к деталям из пластмасс

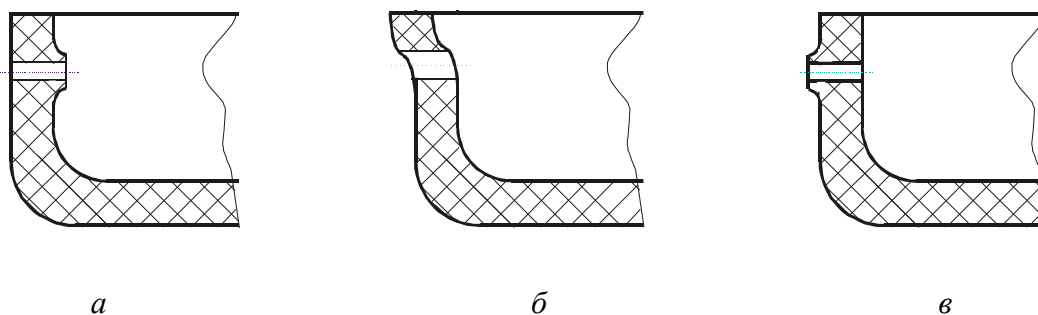
Для изготовления деталей РЭС используют разнообразные марки термоактивных и термопластичных пластмасс и методы их переработки. Пластмассы по сравнению с металлами характеризуются более низкой теплопроводностью. Процесс охлаждения термопластов и отверждения реактопластов вследствие этого протекает неравномерно и распространяется от слоёв, контактирующих со стенками формы, вглубь по мере выравнивания температуры. Это вызывает неоднородность усадки и отверждения материала и различие термодинамических свойств по толщине стенки. При этом растёт уровень остаточных напряжений и дефектность стенки, снижается прочность материала детали. Эти особенности проявляются при увеличении толщины стенки детали, степени её разнотолщинности. Увеличение несущей способности стенок детали достигается не увеличением их толщины, а введением в конструкцию детали рёбер жёсткости.

Значительно более высокие значения коэффициентов термического расширения (КТР) пластмасс, по сравнению с КТР материалов формообразующих элементов пресс-формы, приводит к возникновению значительных усилий съёма деталей с элементов оснастки, оформляющих внутренние полости. Это вызывает необходимость назначения технологических уклонов.

Усадка пластмасс не является постоянной величиной и колеблется в определённых пределах, поэтому слишком жёсткие допуски на размеры изделий, назначенные без учёта возможности их получения, недопустимы.

Рациональная форма деталей должна позволять извлечение её из формы с использованием неразъёмных матриц и пуансонов, так как применение разъёмных формующих элементов резко повышает стоимость пресс-форм и увеличивает трудоёмкость детали. На рисунке 3.9 представлены примеры различных конструкций деталей: деталь (рисунок 3.9, а) нерациональна, так как её конструкция не позволяет извлечь формующий элемент из внутренней полости детали; деталь (рисунок 3.9, б) может быть изготовлена, но в этом случае необходимо использовать матрицу с дополнительной, вертикальной плоскостью разъёма; деталь (рисунок 3.9, в) наиболее рациональна, так как может быть изготовлена в пресс-форме с одной горизонтальной плоскостью разъёма.

Технологические уклоны назначают на вертикальных внешних и внутренних поверхностях, параллельных направлению съёма детали или совпадающих с направлением извлечения из детали формующих элементов. Уклоны не назначают на плоских монолитных деталях толщиной 5...6 мм и менее, на тонкостенных деталях высотой 10...15 мм, на наружных поверхностях полых деталей высотой до 30 мм. Уклон внутренних поверхностей детали должен быть больше уклона наружных поверхностей детали.



a, v – с поднутрениями; *б* – без поднутрений

Рис. 3.9 – Конструкция деталей из пластмасс

Рекомендуются следующие углы уклона:

- наружные поверхности – 15'; 30'; 1°;
- внутренние поверхности – 30'; 1°; 2°;
- отверстия глубиной до 1,5 *d* – 15'; 30'; 45';
- ребра жесткости, выступы – 2°; 3°; 5°; 10°; 15°.

Для определения наименьшей допустимой толщины стенки (*S*, мм) можно использовать следующие формулы:

- для деталей из терморезистивных пластмасс

$$S = \frac{2h}{L - 20} + \frac{1}{\lg a}; \quad (3.11)$$

- для деталей из термопластичных пластмасс

$$S = 0,8 \cdot (\sqrt[3]{h} - 2,1), \quad (3.12)$$

где *h* – предполагаемая высота стенки, мм;

L – текучесть (по Рашингу), мм;

a – ударная вязкость пластмассы, кДж/м².

Ориентировочную толщину стенок принимают по таблицам 3.14 и 3.15.

Для деталей из пресс-порошков на основе фенолформальдегидных смол рекомендуется стенки толщиной не менее 1,5 мм; из полиэтилена – 0,5 мм; из энтролов – 0,7...0,9 мм; из полиметилметакрилата и полиамидов – 0,7 мм; полистирола – 0,75 мм; поливинилхлорида – 2,3 мм.

Наибольшие рекомендуемые значения толщин стенок деталей из терморезистивных пластмасс 12...16 мм, из термопластичных 4...6 мм.

При конструировании деталей необходимо соблюдать условие разностенности, так как нарушение этого приводит к появлению следующих дефектов: коробление, растрескивание, образование внутренних или поверхностных рако-

вин. Разнотолщинность стенок, вводимая по конструктивным особенностям, не должна превышать пределов: 2 : 1 при прессовании; не более 2,5 : 1 при литье под давлением.

Таблица 3.14 – Минимальные толщины стенок деталей из термореактивных пластмасс

Высота стенки, мм	Наполнитель	
	Порошкообразный	Волокнистый
До 40	0,7...1,5	1,5
Свыше 40 до 80	2,0...2,5	2,5...3,5
Свыше 80	3,0...6,5	4,0...10,0

Таблица 3.15 – Минимальные толщины стенок деталей из термопластичных пластмасс

Высота стенки, не более, мм	Толщина стенки, мм	Высота стенки, не более, мм	Толщина стенки, мм
20	0,5	160	2,3...2,7
40	0,5...1,0	250	2,7...3,3
80	1,0...1,5	300	3,3...3,8
120	1,8...2,3	400	3,8...4,2

На рисунке 3.10 приведены примеры нетехнологичного и технологичного оформления деталей.

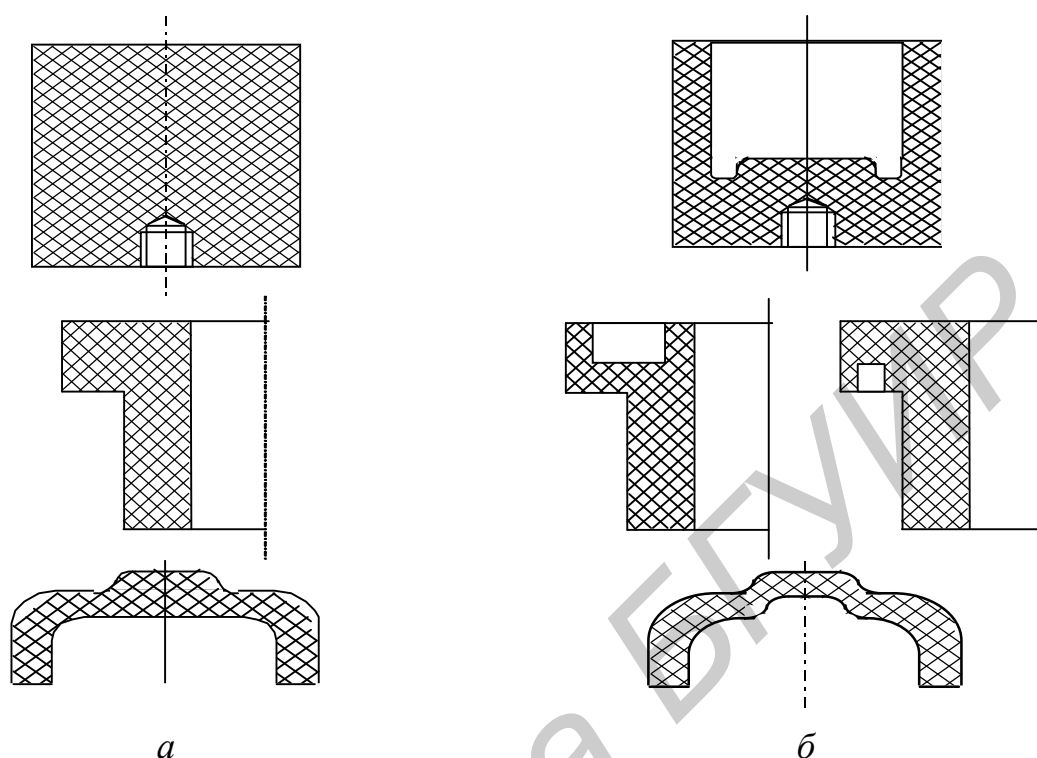
Плавные радиусы закругления на наружных и внутренних поверхностях деталей из пластмасс облегчают течение расплава в форме при прессовании или литье, повышают прочность изделий, уменьшают внутренние напряжения, упрощают извлечение детали из формы, облегчают изготовление формы и уменьшают ее износ. Радиус по всей длине закругления должен быть одинаковым, а число радиусов минимальным на одном изделии. В таблице 3.16 приведены номинальные размеры радиусов закруглений деталей для некоторых пластмасс.

Без закруглений выполняются поверхности детали, находящиеся в плоскости разреза формы и наружные кромки деталей или кромки отверстий, образующиеся в местах соединения оформляющих элементов.

Острые кромки на детали, необходимые по конструктивным соображениям, также должны быть закруглены. Минимальный радиус закругления в этом случае выбирается для пресс-материалов в пределах 0,5...0,8 мм, для термопластов – 1...1,5 мм.

Оформление отверстий в деталях из пластмасс может быть полным, частичным и сверлением в отпрессованной детали. Наиболее рациональной является конструкция детали, при которой возможно полное оформление отверстий. Это зависит от расположения отверстий, их разновидности (сквозные, глухие и др.) и конфигурации в сечении. Для предотвращения коробления и повышения точности деталей из термореактивных пластмасс отношение диаметра отвер-

ствия к его глубине, размер перемычек и толщину дна глухих отверстий (рисунок 3.11) следует назначать в соответствии с таблицей 3.17.



a – нетехнологичные детали, *б* – технологичные детали

Рисунок 3.10 – Примеры оформления деталей со стенками различной толщины

Таблица 3.16 – Номинальные радиусы закруглений внутренних углов

Материал	Толщина стенки, мм	Радиус закругления, мм
Прессованные порошки типа 03-010-02; 32-330-02	1,0	0,5
	2,5	1,0
	3,0...4,0	1,6...3,0
То же типа 33-331-83	1,6	0,6
	2,5	1,6...2,0
Термопласты	2,0	1,2
	4,0	2,4
	6,0	3,6

Таблица 3.17 – Рекомендуемые соотношения размеров при выполнении отверстий в деталях из термореактивных пластмасс, мм

<i>d</i>	<i>d/h</i> для отверстий		Размеры перемычек		$(H-h)_{\min}$
	По краям	По центру	<i>b</i>	<i>b₁</i>	
До 2,5	2,0	3,0	0,5...0,7	1,0	1,0
Св. 2,5 до 3	2,3	3,5	0,8...1,0	1,25	1,0
3...4	2,5	3,8	0,8...1,0	1,5	1,25

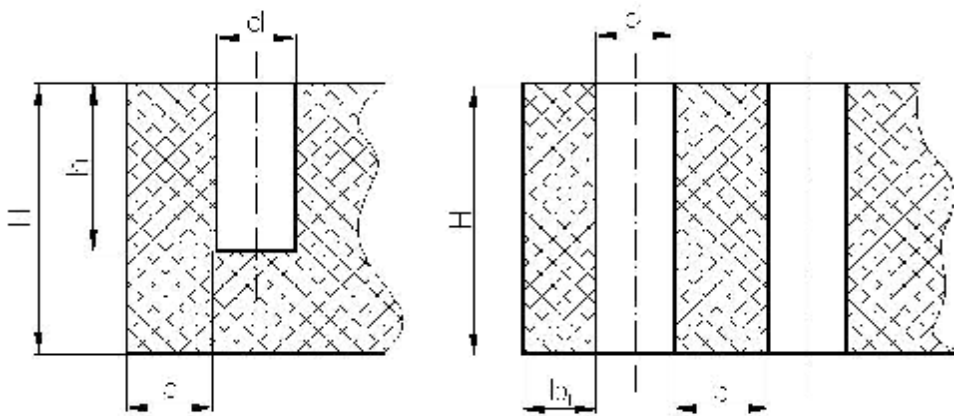


Рисунок 3.11 – Оформление отверстий

Для термопластичных пластмасс размеры перемычек выбираются в соответствии с данными таблицы 3.18.

Таблица 3.18 – Минимальные размеры перемычек между отверстиями в деталях из термопластов

d , мм, не более	Размеры перемычек	
	b	b_1
4	2,5	3,5
5	3,0	4,0
6	3,5	4,5
10	4,0	5,0
12	5,0	6,0
14	6,0	7,0
30	6,0	7,0

Перемычка между дном глухого отверстия $d > 5$ мм и торцом детали ($H - h$ на рисунке 3.11) должна составлять не менее $1,6 d$.

Наибольшую глубину цилиндрических глухих отверстий, расположенных в направлении, перпендикулярном направлению формообразования, можно определить по формуле

$$l = d \sqrt[4]{\frac{E p w}{8 p}}, \quad (3.13)$$

где l – глубина отверстия, см;

d – диаметр отверстия, см;

E – модуль упругости материала, МПа;

w – наибольший допустимый изгиб, см (для отверстия диаметром 4...50 мм принимают $w = 0,004 \dots 0,006$ см);

P – давление прессуемого материала, МПа.

Наибольшая глубина цилиндрических сквозных отверстий, расположенных перпендикулярно направлению прессования, определяется по формуле

$$l = d \sqrt[4]{\frac{6 E w}{5 p}} . \quad (3.14)$$

Для отверстий, расположенных параллельно направлению прессования, в формулах (3.13), (3.14) вместо p подставляют p' . Для наибольшей длины глухих отверстий $p' = 0,5 p$, для сквозных $p' = 0,1 p$.

3.3 Классификация объектов производства

Типизация технологических процессов базируется на конструкторско-технологической документации объектов производства.

Технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения позволяет охарактеризовать деталь по многим признакам и выразить её характеристику в виде кода, посредством которого подбирают типовой технологический процесс с применением машинных методов поиска. Целью технологической классификации деталей является снижение трудоёмкости и сокращение сроков технологической подготовки производства.

Технологическая классификация построена по принципу многоаспектной классификации, основанной на независимой классификации деталей по нескольким различным классификационным признакам, и является продолжением и дополнением их классификации по конструкторским признакам. В качестве классификационных признаков используют существенные характеристики деталей, которые определяют их технологическое подобие.

В технологическом классификаторе установлена 14-значная структура технологического кода детали, составленного из двух частей:

- кода классификационных группировок основных признаков (постоянная часть кода);
- кода классификационных группировок признаков, определяющих вид детали (переменная часть кода).

Приняты следующие основные признаки технологической классификации: размерная характеристика, группа материала, вид детали по технологическому признаку.

Структура и значимость кода, составленного из кодов классификационных группировок основных технологических признаков, имеет следующий вид:



Кодирование деталей по размерной характеристике выполняется тремя знаками кода по таблицам, которые приводятся в технологическом классификаторе. В приложении В приведены таблицы основного признака технологической классификации по размерной характеристике (1, 2 и 3 разряды технологического кода). В приложении опущены классы деталей классификатора ЕСКД, так как признаки классификации по конструктивным признакам рассматриваются в последующих курсах.

Таблица В.1 предназначена для кодирования деталей, являющихся телами вращения, наружная поверхность которых образована вращением вокруг оси линии (прямой, кривой). Таблица В.2 предназначена для кодирования деталей, являющихся не телами вращения, кроме изогнутых из листов, полос и лент (детали корпусные, опорные, платы печатные и т.д.). Таблица В.3 служит для кодирования деталей, изогнутых из полос, листов, лент, круглых прутков.

Кодирование деталей по группе материалов выполняется двумя знаками (4 и 5 – знаки технологического кода). В приложении В (таблица В.4) приводятся коды наиболее употребительных материалов в производстве РЭС, их марки и стандарты, которые могут быть использованы при курсовом проектировании.

Кодирование деталей в соответствии с видом детали по технологическому процессу выполняется одним знаком. В приложении В (таблица В.5) приведены основные признаки технологической классификации деталей по технологическому методу изготовления.

Признак, определяющий вид детали по технологическому процессу, является связующим звеном между основными признаками технологической классификации (размерная характеристика, группа материалов) и дополнительными признаками технологической классификации деталей. Основные признаки технологической классификации являются постоянной частью технологического кода, а кодирование классификационных признаков, определяющих вид детали, – переменной частью технологической классификации и зависит от вида технологического процесса изготовления детали (формообразование литьём, изготовление деталей из полимерных материалов, нанесение покрытий и т.д.).

Для примера рассмотрим формирование технологического кода детали, представленной на рисунке 3.12.

В соответствии со структурой технологического кода первым признаком технологической классификации является размерная характеристика. Так как деталь не является телом вращения, то размерную характеристику кодируют по таблице В.2. Размерам детали (ширина 140, длина 140, высота 62) соответствует код размерной характеристики 653.

Деталь по чертежу изготавливают из фенольного реактопласта с волокнистым наполнителем (ГОСТ 5689-79). Код группы материала по таблице В.4 будет 76. Поскольку деталь изготавливается формообразованием из полимерных материалов, то в соответствии с таблицей В.5 ей присваивается код 6 по технологическому методу изготовления.

Таким образом, классификационные характеристики основных признаков технологической классификации имеют код 653 766 (постоянная часть). Остальная часть формируется с учётом технологических признаков (площадь формования, уточнённая группа материалов, качество точности, характеристика технологических требований, дополнительная характеристика, максимальная толщина стенки, характеристика массы) и имеет следующий вид:

	A	5	2	21	0	6	8
Площадь формования: 196 см ²							
Уточнённая группа материала: фенолформальдегидный резольный							
Класс точности размеров: 12 качество							
Характеристика технологических требований: имеется резьба, одна полость и одно отверстие							
Дополнительная характеристика: вид дополнительной обработки (кроме механической) отсутствует							
Характеристика толщины: максимальная толщина стенки 10 мм							
Характеристика массы: 0,26 кг							

Классификационные характеристики признаков, определяющих вид детали, изготавливаемой из полимерных материалов, имеют код 83 460 057. Полный технологический код рассматриваемой детали 543 766.8 3460 057.

Принцип технологической классификации используется в информационно-поисковых системах при автоматизации разработки ТП с применением ЭВМ.

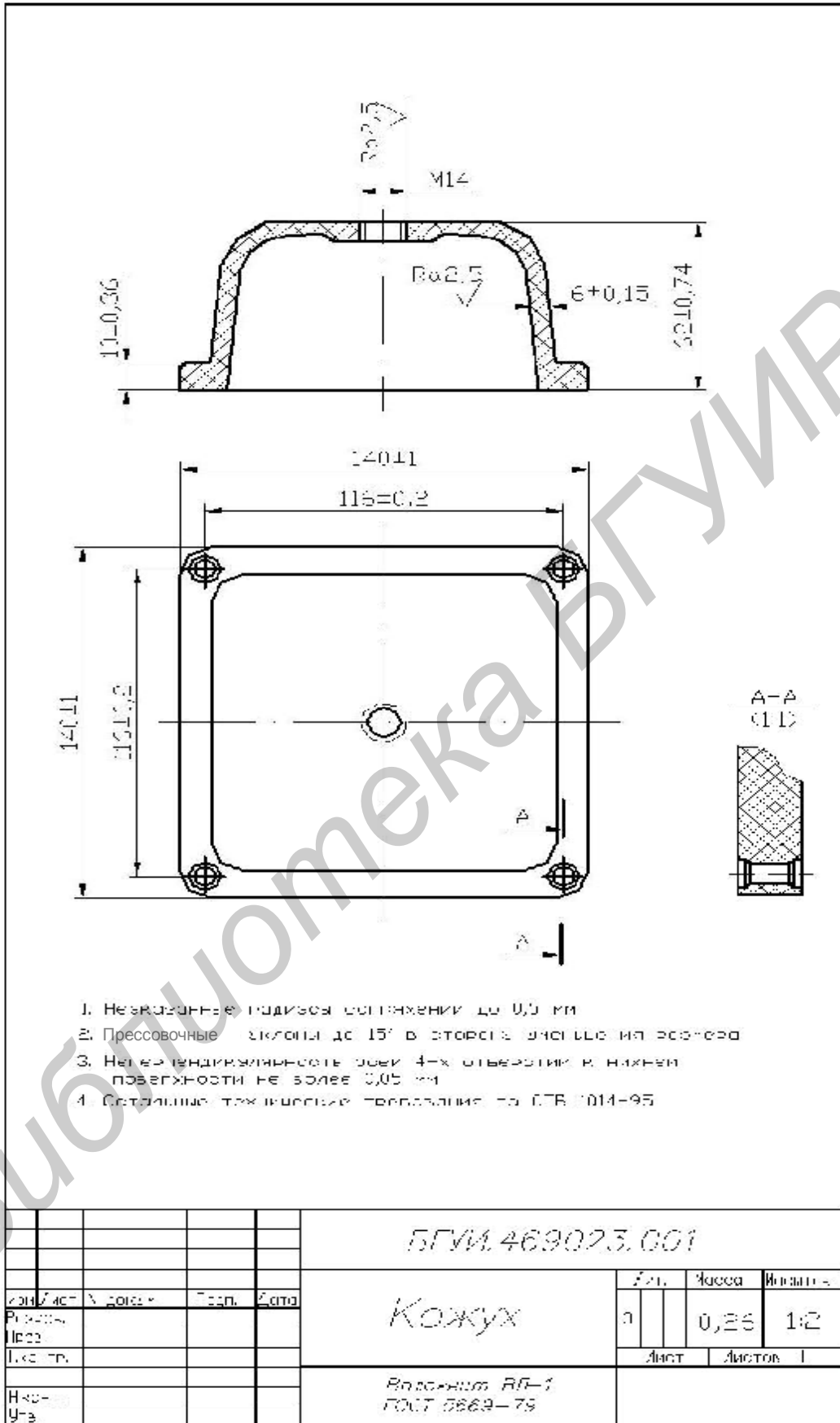


Рисунок 3.12 – Деталь, изготавливаемая из пластмассы

3.4 Выбор заготовок

Правильный выбор заготовки во многом определяет эффективность процесса обработки, стоимость детали, эффективное использование материала и снижение трудоемкости. В конструкциях радиоаппаратуры в основном используются детали, многие из которых изготавливаются из цветных сплавов. Поэтому целесообразно применять высокопроизводительные методы получения заготовок: литье, прессование, штамповка. При любом способе получения заготовки основная цель – максимальное приближение формы и размеров заготовки к готовой детали. К заготовкам предъявляются требования, обеспечивающие минимальный и равномерный припуски; оптимальную точность заготовок в партии; требуемую обрабатываемость материала; удовлетворительное состояние поверхности заготовок.

Различают общие и межоперационные припуски заготовок. Под общим припуском понимают слой материала, снимаемый с обрабатываемой поверхности в течение всего процесса обработки от размера заготовки до размера готовой детали.

Межоперационным припуском называют слой материала, удаляемый при выполнении отдельной операции. Чем меньше общий припуск, тем дороже заготовка, но тем проще и дешевле её последующая обработка. Наоборот, при больших припусках заготовка будет дешёвой, но усложняется и удорожается её последующая обработка. Эти требования справедливы для любой обработки, но особое значение они приобретают для станков с ЧПУ. При назначении размеров заготовок применяют расчётно-аналитический метод определения допусков, который заключается в том, чтобы при снятии промежуточного припуска устранись погрешности:

- обработки и дефектов поверхностного слоя предшествующего технологического перехода;
- установки обрабатываемой заготовки, возникающие на текущем технологическом переходе.

К дефектам поверхностного слоя относят шероховатость предыдущего перехода и наклёп, полученный при предыдущей обработке.

Обрабатываемость материала зависит от его химического состава, термообработки. Для изготовления ответственных деталей на станках-автоматах используют автоматные стали, в которых допускается повышенное содержание серы и фосфора. Они обладают меньшей вязкостью, стружка хорошо ломается, обработанная поверхность получается гладкой и ровной, при обработке допускается высокая скорость резания. Марки автоматных сталей: А12, А20, А30, А40Г и др. Эти стали не подвергают термической обработке. Для изготовления деталей из латуни применяют марку ЛС59-1, добавка свинца около 1 % улучшает обрабатываемость.

Обрабатываемость заготовки может быть улучшена при помощи отжига. Эта операция имеет много разновидностей. Особенностью отжига является медленное охлаждение, при котором происходит выравнивание структуры материала, снятие внутренних напряжений, перекристаллизация структуры.

При выполнении курсового проекта можно использовать заготовки из калиброванного материала, штампованные заготовки, отливки. Холоднотянутый прокат 7...12 квалитетов необходимо применять при обработке в патронах. Для деталей, обрабатываемых по всей поверхности, необходимо выбирать прокат 12-го квалитета как наиболее дешёвый.

При изготовлении деталей холодной штамповкой в качестве исходных заготовок используют листы, ленты, полосы. В этом случае важное значение имеет раскрой материала, который характеризуют коэффициентом использования материала. Для определения размеров перемычек и припусков на обработку необходимо воспользоваться данными из [8].

Для крупносерийного и массового производств наиболее рентабельным является получение заготовок методом литья под давлением, который обеспечивает высокую производительность, точность, возможность получения тонкостенного изделия сложной конфигурации. Для получения отливок малых размеров и сложной конфигурации применяется литье по выплавляемым моделям.

3.5 Выбор технологических баз

Следующим шагом после выбора заготовки при разработке технологического процесса является выбор технологических баз. Принятый способ установки деталей должен обеспечить точное её положение относительно рабочих органов станка. Это связано с правильным выбором технологических баз. Базой называют совокупность поверхностей, по отношению к которым ориентируют все другие поверхности при работе детали в изделии или при обработке детали на станках. Различают конструкторские, технологические и измерительные базы.

Конструкторские базы – поверхности, ориентирующие положение детали при работе в конструкции, технологические – при обработке, измерительные – при измерении.

При назначении технологических баз для обработки заготовок следует руководствоваться принципом единства баз, который даёт наименьшие погрешности при обработке. Принцип единства баз заключается в том, что в качестве технологических баз целесообразно выбрать те поверхности, которые являются конструкторскими и измерительными базами детали, и затем при операциях обработки они не должны меняться. В этом случае отпадает необходимость в пересчёте допусков и погрешность базирования равна нулю.

Базами могут быть плоскости, отверстия, наружные и внутренние диаметры, центровые фаски и даже профильные поверхности, если они характеризуются размером, ограниченным допуском.

Заготовки деталей, полученных, например литьём, при первой операции механической обработки не имеют точных поверхностей. В этом случае используют необработанную поверхность, называемую черновой базой. При выборе черновой базы следует придерживаться следующих правил:

- если обработке подлежат не все поверхности, то в качестве черновой базы применяют обычно необрабатываемые поверхности;
- при обработке всех поверхностей детали за базовые применяют те поверхности, которые имеют наименьший припуск;
- необходимо отдавать предпочтение чистым поверхностям без следов метчиков и выпоров.

Черновую базу после первой операции заменяют чистой, поэтому при первой операции необходимо обрабатывать те поверхности, которые при дальнейших операциях будут использованы в качестве базовых.

Для обозначения базовых поверхностей используют условные обозначения опор и зажимных элементов по ГОСТ 3.1107-81 (приложение Г).

3.6 Выбор и назначение режимов обработки

Важным этапом при разработке технологического процесса изготовления деталей является определение режимов обработки. Режимы обработки представляют совокупность параметров, определяющих условия, при которых изготавливают изделия.

При обработке деталей *резанием* определяющими параметрами являются глубина резания t , скорость резания u , подача S , которые устанавливают объём металла, снимаемый в единицу времени, V :

$$V = t \cdot S \cdot u. \quad (3.15)$$

Объём металла, снимаемый в единицу времени, является определяющим фактором в повышении производительности процесса обработки. Его можно увеличить за счёт любого из элементов режима резания. При этом необходимо учитывать интенсивность износа и стойкость инструмента. Наиболее интенсивно на износ инструмента влияет скорость резания, слабее подача и ещё меньше – глубина резания. Износ инструмента зависит от температуры резания: чем она выше, тем быстрее изнашивается инструмент.

Глубину резания, которая ограничена припуском на обработку, в каждом случае выбирают максимально возможной. Если для обработки какой-либо поверхности предусмотрены два или три прохода (например, черновой, получис-

тый и чистовой), то общий припуск детали делят на три части, каждую из которых стремятся снять за один проход.

Выбор подачи зависит от типа обработки (черновой или чистовой). При черновой обработке ограничением подачи является допустимая сила резания, а при чистовой обработке – допустимый параметр шероховатости детали. Если выбрана глубина резания, то выбор подачи определяет площадь среза и, следовательно, сила резания. Увеличение силы резания ограничивается прочностью станка, инструмента и детали, мощностью привода станка, а также предельно допустимой деформацией и виброустойчивостью элементов системы станок – приспособление – инструмент – деталь (СПИД).

При выбранных глубине резания и подаче задают такую скорость резания, которая обеспечивала бы оптимальную стойкость инструмента. Более подробно о выборе режимов резания и инструмента изложено в [21].

При изготовлении деталей РЭС и ЭОС широко применяют процессы обработки давлением, особенно методы листовой и объёмной штамповки. Причём листовой холодной штамповкой изготавливают до 85 % деталей (панели, платы, детали каркасов и корпусов, кожухи и др.).

Режимы обработки деталей при *холодной штамповке* зависят от исходного металла, его марки, состояния поставки и формы, способа раскрытия заготовок, применяемых операций формообразования (вырубка, пробивка, гибка, вытяжка, ударная штамповка и др.).

При раскрое исходного материала на гильотинных ножницах усилие отрезки определяется по формуле

$$P_n = \frac{c \cdot 0,5 \cdot h^2 \cdot S_{cp}}{tgj}, \quad (3.16)$$

где h – толщина материала;

S_{cp} – предел прочности материала на срез;

j – угол наклона ножниц ($6 \dots 9^\circ$);

c – поправочный коэффициент, учитывающий затупление режущих кромок ножей, неравномерность толщины листового материала, изменение зазора между ножами ($c = 1,1 \dots 1,5$).

Усилие разрезки материала на дисковых (роликовых) ножницах :

$$P_3 = 0,5 \cdot \frac{h_g \cdot h \cdot S_{cp}}{tga}, \quad (3.17)$$

где h_g – глубина вдавливания ножей к моменту скалывания в зависимости от твёрдости и пластичности, $h_g = (0,2 \dots 0,5) h$;

a – угол захвата ножниц.

Величина угла α зависит от соотношения $\frac{D-h}{D}$ (D – диаметр дисковых ножей):

$\frac{D-h}{D}$	0,995	0,990	0,985	0,980	0,975	0,970
$\alpha, ^\circ$	6	8	10	11	13	14

Диаметр дисковых ножей выбирается в зависимости от толщины материала. Для материалов с малой толщиной ($h < 2$ мм) $D = 60 h$.

Усилие вырубки деталей и пробивки отверстий штампами с параллельными режущими кромками пуансонов и матриц определяется выражением

$$P = C \cdot L \cdot h \cdot \sigma_{cp}, \quad (3.18)$$

где L – периметр контура детали или отверстия;

C – коэффициент, зависящий от степени затупления режущих кромок матрицы и пуансона, неравномерности толщины листового материала.

При вырубке и пробивке отверстий со скошенными режущими кромками усилие вырубки и пробивки определяется выражением

$$P = c \cdot L \cdot h \cdot \sigma_{cp} \cdot c', \quad (3.19)$$

где c' – коэффициент, зависящий от величины скоса пуансона и матрицы ($c' = 0,4 \dots 0,6$).

Для выбора прессы общее усилие штамповки определяется из соотношения

$$P_{шт} = P + P_{сн} + P_{пр}, \quad (3.20)$$

где $P_{сн}$ – усилие съёма или снятия материала;

$P_{пр}$ – усилие протягивания материала через матрицу.

$$P_{сн} = q_{пр} \cdot L \cdot h,$$

где $q_{пр}$ – удельное усилие, определяемое в зависимости от толщины протягиваемого материала.

Для детали с элементами гибки усилие определяется в зависимости от формы детали. Усилие гибки V-образных деталей на угол 90° из сталей и цветных металлов определяется по формулам:

$$P = L_u \cdot h \cdot \sigma_s \cdot K_1 \text{ – для свободной гибки;} \quad (3.21)$$

$$P = 1,25 \cdot L_u \cdot h \cdot \sigma_s \cdot K_1 \text{ – для гибки с прижимом материала,} \quad (3.22)$$

где L_u – размер заготовки вдоль линии изгиба;

σ_s – предел прочности материала;

K_1 – коэффициент, зависящий от отношения расстояния между опорами матрицы (l) и толщины материала (h):

l/h	8	10	15	20	25	30
K_1	0,23	0,18	0,12	0,09	0,07	0,06

Усилие гибки Г-образных деталей (отгибка полки на угол 90°) с учётом прижима материала и трения пуансона об опорный сухарь штампа равно

$$P = 0,9 \cdot L_u \cdot n \cdot \sigma_s \cdot K_2, \quad (3.23)$$

где K_2 – коэффициент, зависящий от радиуса пуансона, радиуса матрицы и толщины заготовки.

Усилие, необходимое для одновременной гибки и калибровки V-образных деталей, определяется по формуле

$$P_H = F_H \cdot q_K, \quad (3.24)$$

где F_H – проекция площади соприкосновения калибруемой детали и пуансона;

q_K – удельное усилие калибровки: для цветных металлов и сплавов (алюминий, латунь) $q_K = 58 \dots 59$ МПа, для сталей $q_K = 117 \dots 147$ МПа.

Чем выше предел прочности при растяжении штампуемого материала, тем большее значение q_K закладывают в расчеты.

При изготовлении полых деталей глубокой вытяжкой без утончения стенок важное значение имеет определение числа и последовательности операций. Методика их расчета и значения коэффициентов для различных материалов при изготовлении полых цилиндрических и четырехугольных деталей приведены в [21].

Полное усилие вытяжки, необходимое для подбора прессы, определяют по формуле

$$P_{np} = P + Q, \quad (3.25)$$

где P – усилие вытяжки;
 Q – усилие прижима.

Обычно рассчитывают усилия вытяжки для первой (P_1) и последующих (P_2 и т.д.) операций вытяжки. Для вытяжки полый цилиндрической детали без утончения стенок

$$\begin{aligned} P_1 &= p \cdot d_1 \cdot h \cdot S_s \cdot x, \\ P_2 &= p \cdot d_2 \cdot h \cdot S_s \cdot x_1, \\ P_3 &= p \cdot d_3 \cdot h \cdot S_s \cdot x_1, \end{aligned} \quad (3.26)$$

где d_1, d_2, d_3 – диаметры деталей после первой, второй и последующих операций вытяжки;

h – толщина материалов;

x и x_1 – поправочные коэффициенты соответственно для первой и последующих операций вытяжки.

Для различных значений коэффициента вытяжки m коэффициенты x и x_1 имеют следующие значения:

m	0,55	0,575	0,6	0,625	0,675	0,65	0,7	0,725	0,75	0,725	0,8
x	1	0,93	0,86	0,79	0,66	0,72	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4
x_1	-	-	-	-	-	-	1	0,95	0,9	0,85	0,8

Усилие прижима деталей любой формы равно

$$Q = F \cdot q, \quad (3.27)$$

где F – площадь заготовки под прижимом;
 q – удельное давление.

В таблице 3.19 приведены значения q для разных материалов.

В операциях **прессования деталей из пластмасс** определяющими параметрами формообразования являются температура T , время выдержки изделия в пресс-форме t и давление P .

При изготовлении деталей из термопласта методом литья под давлением рассчитывается усилие смыкания формы:

$$P_{см} \geq P_{\phi} (F_{изд} \cdot n + F_n), \quad (3.28)$$

где P_{ϕ} – давление в форме;
 $F_{изд}, F_n$ – площадь изделий и метчиков в плоскости разъёма формы;
 n – количество деталей в одной пресс-форме.

Таблица 3.19 – Среднее значение усилия прижима для разных материалов

Наименование материала	Значение q	
	кгс / мм ²	МПа
Сталь мягкая:		
при $h < 0,5$ мм	0,20...0,30	1,96...2,74
при $h > 0,5$ мм	0,15...0,25	1,47...2,45
Латунь	0,10...0,20	0,98...1,96
Медь	0,10...0,15	0,95...1,47
Алюминий	0,06...0,12	0,59...1,18

Номинальное время выдержки определяют в зависимости от средней толщины изделий H , которая составляет

$$H = 2V/S, \quad (3.29)$$

где V – объём изделия; S – площадь полной поверхности изделия.

При определении объёма по образцу изделия используют соотношение

$$V = M/r, \quad (3.30)$$

где M – масса изделия;

r – плотность материала.

Основные методы расчёта номинального значения выдержки даются в отраслевых стандартах на изготовление деталей методом литья под давлением. Технологические характеристики термопластов и основные режимы переработки даны в справочниках по полимерным материалам.

При изготовлении деталей из термореактивных материалов при обычном прессовании усилие прессования определяется из соотношения

$$P_{np} = P_{yd} \cdot F_{изд} \cdot n ; \quad (3.31)$$

при литьевом прессовании –

$$P_{np} = P_{yd} \cdot F_{з.к.} , \quad (3.32)$$

где P_{yd} – удельное давление, необходимое для переработки пластмассы;

$F_{изд}$ – площадь изделия в плоскости разъема;

$F_{з.к.}$ – площадь загрузочной камеры;

n – количество гнезд формы.

При использовании для литьевого прессования форм с верхней загрузочной камерой необходимо выполнить условие

$$F_{з.к} \geq (F_{изд} \cdot n + F_{л}) \cdot 1,25 , \quad (3.33)$$

где $F_{л}$ – площадь литников в плоскости разъема.

При невыполнении этого условия возможно раскрытие формы при прессовании.

Если используется форма с нижней загрузочной камерой, то усилие, развиваемое верхним гидроцилиндром пресса, должно соответствовать условию

$$P \geq P_{yd} \cdot (F_{изд} \cdot n + F_{л} + F_{з.к.}) \cdot 1,25 . \quad (3.34)$$

Технологические характеристики пресс-материалов и основные режимы переработки пластмасс приведены в [24].

Выбор режимов получения деталей из керамики зависит от исходного материала и метода формообразования.

Точность размеров деталей из радиокерамики определяется выбором исходных материалов и метода их изготовления [25] и регламентируется нормалью Н.10.010.008.

Основными режимами формообразования являются : давление, температура предварительной сушки и режим обжига готовых изделий.

Обжиг – основной этап изготовления керамического изделия. На этой стадии технологического процесса керамический материал приобретает основные механические и электрофизические свойства. Температура обжига керамических материалов приводится в справочных материалах.

Особую группу технологических процессов составляет изготовление подложек для гибридных интегральных микросхем и подложек устройств на объемно- и поверхностно-акустических волнах. В качестве материалов подложек применяют ситаллы, высоко глиноземную керамику и пьезоэлектрические материалы (пьезокерамика, пьезокварц, ниобат лития).

В курсовом проекте основное внимание должно уделяться операциям шлифовки и полировки основных поверхностей групповых заготовок и их резки на отдельные подложки алмазными и абразивными отрезными кругами.

Механическая обработка подложек осуществляется с целью получения

требуемой точности и шероховатости поверхности. Для шлифования используют алмазные шлифовальные круги. Достижимая точность шлифования соответствует 6...7 квалитетам, шероховатость поверхности ситалловых и керамических подложек микросхем – R_a 0,8...0,025 мкм. Режимы резания при черновой обработке следующие: скорость резания 35 м/с, продольная или круговая подача 100...120 м/мин, поперечная подача в долях ширины шлифовального круга 0,3...0,6; припуск, снимаемый за один рабочий ход, 0,010...0,025 мм. Режимы резания при чистовой обработке следующие: 35 м/с; 50...60 м/мин; 0,25 ширины круга; 0,004...0,006 мм соответственно. Для получения меньшей шероховатости подложек из керамики марок 22ХС, поликора, ситаллов используют полирование суспензиями на основе алмазных микро порошков зернистостью 5/3, 3/2, 1/0.

Методика выбора и расчета режимов шлифования, полирования и доводки, а также необходимые справочные данные приведены в [7, 15, 21 ч. 2].

При назначении режимов следует ориентироваться на прогрессивные методы обработки и возможности оборудования. В технологические карты записываются значения режимов, обеспечиваемые станком или прессом, для чего расчетное число давления, величина подачи или число оборотов шпинделя предварительно сверяются с паспортными данными на оборудование и выбирается ближайшее меньшее их число.

3.7 Выбор оборудования и технологической оснастки

После составления технологического маршрута, определения структуры операций и режимов обработки производится выбор оборудования, назначается или проектируется технологическая оснастка (станочные приспособления), обеспечивающие требуемую производительность при заданном уровне качества деталей. Правила выбора технологического оборудования и технологической оснастки устанавливаются стандартами ЕСТПП.

Выбор технологического оборудования должен начинаться с анализа формирования типовых поверхностей деталей и отдельных методов их обработки с целью определения наиболее эффективных методов обработки, с учетом назначения и параметров изделия. Выбор оборудования производят по главному параметру, являющемуся наиболее показательным для выбираемого оборудования, т.е. в наибольшей степени выявляющему его функциональное значение и технические возможности: обеспечение метода обработки, точности и чистоты поверхности. На основании этих данных выбирается модель станка, его технические характеристики. При выборе оборудования следует использовать каталоги, справочники и отраслевые стандарты, где приводятся основные модели оборудования и их технические характеристики.

Важным показателем правильности выбора и работы оборудования является степень использования каждой его единицы в отдельности по разрабо-

танному технологическому процессу. Для каждого станка в технологическом процессе подсчитываются коэффициент загрузки и коэффициент использования оборудования.

Коэффициент загрузки K_3 рассчитывается из соотношения

$$K_3 = \frac{m_p}{m_n}, \quad (3.35)$$

где m_p – расчетное количество станков на данной операции;
 m_n – фактическое (принятое) число станков.

Расчетное количество станков на данной операции определяется как

$$m_p = \frac{T_{ум}}{T_с}. \quad (3.36)$$

Здесь $T_{ум}$ – трудоемкость выполнения операции, мин;
 $T_с$ – такт выпуска, мин/шт.

$$T_с = 60 \frac{\Phi_{об}}{N}, \quad (3.37)$$

где $\Phi_{об}$ – действительный годовой фонд рабочего времени, ч;
 N – годовая программа выпуска деталей.

Коэффициент использования оборудования K_u для массового производства определяется по формуле

$$K_u = \frac{T_o}{T_{ум}}; \quad (3.38)$$

для серийного производства:

$$K_u = \frac{T_o}{T_{ш.к.}}; \quad (3.39)$$

Коэффициент использования оборудования свидетельствует о доле машинного времени в общем времени работы станка.

После определения K_3 по отдельным операциям рассчитывается средний коэффициент загрузки оборудования по всем операциям технологического процесса, значение которого зависит от типа производства:

- для массового $K_3 \geq 0,65...0,77$;
- для серийного $K_3 \geq 0,75...0,85$;
- для мелкосерийного и единичного $K_3 \geq 0,8...0,9$.

При выполнении курсового проекта могут быть применены агрегатные станки, станки с числовым программным управлением и роботизированные технологические комплексы (РТК), особенно при изготовлении деталей методами холодной листовой штамповки. Листовая штамповка является одним из

основных методов получения деталей радиоэлектронных средств, так как из общего числа обрабатываемых деталей 50...70 % получают листовой штамповкой. РТК для листовой штамповки позволяют автоматизировать и механизировать следующие операции: подача листа для резки полос, загрузка и разгрузка штампов, удаление отходов из рабочей зоны прессы, межоперационное и межштамповое перемещение заготовок, складирование штамповок, межстаночное перемещение заготовок, складирование отходов.

Технологическая оснастка представляет собой дополнительные или вспомогательные устройства, необходимые для выполнения операций: холодной штамповки, изготовления деталей из пластмасс и керамики, механической обработки, изготовления деталей литьем и других процессов. Наиболее часто применяемой оснасткой являются: штампы, пресс- и литейные формы, станочные и контрольные приспособления и др.

ЕСТПП устанавливает порядок выбора технологической оснастки и подразделяет всю оснастку на несколько групп:

- неразборная специальная оснастка (НСО);
- универсально-наладочная оснастка (УНО);
- универсально-сборная оснастка (УСО);
- сборно-разборная оснастка (СРО);
- универсально-разборная оснастка (УРО);
- специализированная наладочная оснастка (СНО).

Государственными, отраслевыми и стандартами предприятий устанавливаются типы, основные параметры, конструкции и размеры технологического оснащения. При выборе технологической оснастки необходимо использовать следующую нормативно-техническую документацию: стандарты на технологическую оснастку, стандарты на технологическое оборудование, стандарты на термины и определения технологической оснастки и технологическую документацию: альбомы типовых конструкций оснастки, каталоги и паспорта на технологическое оборудование, инструктивно-методические материалы по проведению выбора технологической оснастки.

При выполнении курсовых проектов ставится задача не разработки новых конструкций технологического оснащения, а только выбора их на основе существующих типов конструкций, которые в значительной мере стандартизированы и разработаны. Конструкции оснастки следует выбирать для данного вида технологической операции на основе габаритных размеров изделий; вида заготовки; характеристики материала детали; точности параметров и конструктивных характеристик поверхностей детали, влияющих на конструкцию оснастки; технологических схем базирования и фиксации заготовки; характеристик оборудования; объемов производства; учета требований техники безопасности и промышленной санитарии.

Для единичного и мелкосерийного производств следует выбирать универсальное технологическое оснащение. В условиях массового производства эко-

номически оправдано применение сложных специальных приспособлений и штампов. Выбранная технологическая оснастка заносится в технологический процесс, а в пояснительной записке приводится схематическое изображение ее конструкции, краткое описание конструкции, принцип действия и целесообразность ее использования.

При технико-экономическом обосновании выбора систем технологической оснастки рассчитывают следующие показатели:

- коэффициент загрузки единицы технологической оснастки;
- затраты на оснащение технологических операций изготовления изделий.

В курсовом проекте можно ограничиться определением коэффициента загрузки единицы технологической оснастки K_3 , по формуле

$$K_3 = T_{um} N / F_0, \quad (3.40)$$

где T_{um} – штучное время выполнения технологической операции;

N – планируемая месячная программа на единицу оснастки (количество повторов операций),

F_0 – располагаемый месячный фонд времени оснастки (станка).

3.8 Нормирование технологического процесса

Под техническим нормированием понимают установление нормы времени на выполнение определенной работы. Величина затрат времени на изготовление детали при надлежащем качестве является одним из основных критериев для оценки совершенства технологического процесса. Норму времени определяют на основе технического расчета и анализа, исходя из условий возможно более полного использования технических возможностей оборудования и оснастки в соответствии с требованиями к обработке данной детали.

Нормирование процесса производится по всем операциям после определения структуры технологического процесса (содержания операций), расчета режимов обработки, выбора оборудования и инструмента. В массовом, а также крупносерийном производстве нормирование процесса состоит в определении величины штучного времени T_{um} , так как настройку оборудования производят до начала работы специальные наладчики. Поэтому подготовительно-заключительное время $T_{n.з.}$ в норму времени исполнителя не входит. При серийном производстве настройку станка также производят наладчики, но некоторая часть подготовительно-заключительного времени приходится на станочника. В мелкосерийном и единичном производствах настройка станка и приспособлений выполняется самим станочником. В этом случае нормирование состоит в определении штучно-калькуляционного времени $T_{ш.к.}$. Структура штучного и штучно-калькуляционного времени рассмотрена ранее в подразделе 2.2.

Расчет составляющих элементов T_{um} и $T_{ш.к.}$ производится в такой последовательности:

- определяется основное технологическое время T_o путем теоретического расчета по формулам на основе установленных режимов обработки по каждому переходу операций технологического процесса;

- по содержанию каждого перехода обработки детали, способа ее установки, закрепления и снятия определяется вспомогательное время T_v по нормативам и с учетом возможных совмещений и перекрытий;

- по нормативам в зависимости от операции подсчитывается время на техническое и организационное обслуживание рабочего места $T_{об}$;

- определяется норма времени $T_{ум}$;

- для единичного, мелкосерийного и серийного производств устанавливается состав подготовительно-заключительных работ, определяется подготовительно-заключительное время $T_{п.з}$ и штучно-калькуляционное время $T_{ш.к}$.

В курсовом проекте расчет нормы штучного времени можно производить по формуле

$$T_{ум} = T_{он} \left(1 + \frac{K}{100}\right), \text{ (мин)}, \quad (3.41)$$

где K – коэффициент, учитывающий время на техническое и организационное обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности в процентах к оперативному времени:

$$K = (T_{об} + T_n) / T_{он} \cdot 100, \quad (3.42)$$

где $T_{об}$ – время на организационное (затраты на уборку рабочего места, чистку и смазку оборудования, получение инструктажа и др.) и техническое (подналадка технологической оснастки и т.п.) обслуживание рабочего места;

T_n – время на отдых и личные надобности.

В курсовом проекте нормируются все операции технологического процесса. Сумма $T_{ум}$ по всем операциям составляет трудоемкость процесса.

Норма времени на одну деталь с учетом подготовительно-заключительного времени $T_{п.з}$ определяется по формуле

$$T_{ш.к} = T_{ум} + T_{п.з} / N, \text{ (мин)}, \quad (3.43)$$

где N – количество деталей в партии, шт.

Подготовительно-заключительное время на партию деталей включает затраты времени на получение задания, технической документации и ознакомление с ней, получение и транспортировку технологического инструмента, наладку, изготовление пробных деталей и предъявление их ОТК или мастеру и зависит от характера и объема работ.

Норма выработки за смену определяется по формуле

$$H_v = T_{см} / T_{ш.к}, \quad (3.44)$$

где $T_{см}$ – продолжительность рабочей смены, мин.

4 АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Для автоматизированного проектирования технологических процессов применяется ряд пакетов прикладных программ.

4.1 Система Techcard

Применяется для проектирования технологической оснастки и технологических процессов. В ее состав входят следующие подсистемы.

1 *Techcard*, включающая :

- программу проектирования технологических процессов (*ПРОЕКТ-ТП*) для обеспечения автоматизированного создания и редактирования комплекта ТД при разработке маршрутно-операционной технологии обработки детали;

- программу настройки базы данных для сопровождения и настройки как самой базы данных, так и всей системы *Techcard*;

- редактор базы знаний для создания и сопровождения файлов формул и таблиц;

- редактор бланков для создания и настройки любых форм бланков ТД в соответствии с требованиями стандартов и пользователей;

- редактор документов для заполнения бланков текстовыми данными или графическими изображениями с возможностью ввода в технологическую карту данных с клавиатуры, из архива ТП или из базы данных, редактирования, хранения и управления оформлением и печатью документов.

2 Автоматизированного проектирования *CADMech-T*, работающая в среде *AutoCAD*, для построения и оформления операционных эскизов или любых графических изображений, выводимых в технологический документ.

3 Система организации и ведения архива КД и ТД *SEARCH*.

4 Система управления базой данных *IMBASE*.

Относительная простота, доступность и гибкость системы в сочетании с мощным интерфейсом позволяют:

- создавать новые и редактировать имеющиеся формы бланков ТД;

- включать в состав одного бланка текст и графические изображения;

- вводить в технологическую карту данные с клавиатуры или из базы данных (БД);

- управлять оформлением и выводом на печать документов;

- сопровождать БД для различных видов производства с возможностью графической иллюстрации классификаторов, справочников и т.п.;

- создавать и сопровождать технологические таблиц и формулы для их последующего использования при проектировании ТП;

- создавать графические библиотеки типовых элементов, стандартных нормализованных деталей с возможностью редактирования любых текстов полей из базы данных;

- проектировать технологические процессы обработки деталей в диалоговом режиме с использованием БД, формул и таблиц;
- оперативно настраивать вид и состав комплекта ТД для различных видов производств;
- осуществлять взаимосвязь с системой ведения архива КД SEARCH для организации и ведения архива технологических документов;
- обеспечивать взаимосвязь с системой разработки КД CADMesh для проектирования и оформления операционных эскизов и карт наладок.

Помимо типовых ТП можно использовать типовые фрагменты, представляющие собой наборы операций и переходов с оснасткой (например типовой фрагмент – операция «Сверлильная» с переходами: центрировать отверстие, сверлить отверстие под резьбу, зенковать фаску, нарезать резьбу).

В системе *Techcard* можно самостоятельно создавать новые типовые ТП и использовать имеющиеся в ее базе данных. На этапе проектирования после создания нового ТП заполняются общие сведения о детали. При заполнении поля общих сведений система пытается найти в архиве *SEARCH* документ с обозначением, которое совпадает со значением, попавшим в упомянутое поле. Если документ-процесс будет найден, то он будет загружен в то окно редактора, где редактируется новый ТП. Далее выполняются:

- формирование расцеховочного маршрута по нескольким вариантам;
- выбор сортамента, цеха, участка;
- расчет заготовки по настраиваемым сценариям;
- формирование маршрута обработки с использованием классификатора операций и переходов (рисунок 4.1);
- назначение оборудования по операциям и оснастки по переходам;

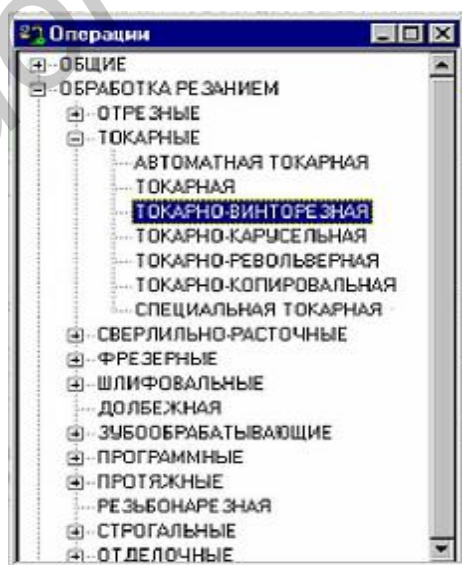


Рисунок 4.1 – Окно диалога проектирования техпроцесса

- редактирование текста переходов;

- расчет режимов обработки в соответствии с техническими данными оборудования;
- расчет норм времени на операции;
- проектирование операций с эскизами с использованием системы *CADVTCH-T* (рисунок 4.2);
- определение состава документов, которые требуется получить пользователю;
- получение комплекта ТД;
- сохранение ТП в архиве и выведение ТД на печать.

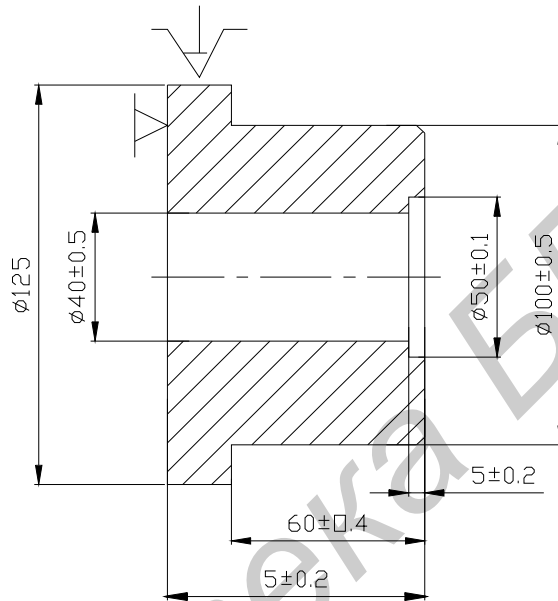


Рисунок 4.2 – Пооперационный эскиз фрагмента детали

Имеется возможность работы с каталогом оснастки. Анкета оснастки содержит: основные параметры (постоянные), дополнительные параметры (информация по типоразмерам), шаблон обозначения рисунок (рисунки). Система *Techcard* позволяет установить, где размещено оборудование, и изменить при необходимости список размещения и инвентарные номера. Возможен выбор или очистка графического изображения оборудования и его рабочей зоны и создание планировки участка. Изображения могут выбираться из графических файлов типа wmf, bmp, emf, ico.

Дополнительно в состав *Techcard* входят:

- база данных средств технологического оснащения (оборудование, приспособления, режущий, вспомогательный и измерительный инструмент);
- база данных по основным и вспомогательным материалам, сортаменту и видам заготовок;
- классификатор технологических операции и типовых переходов с описанием параметров и сценариями на разные виды производства;
- информационно-справочные данные для заполнения параметров операционной технологии;

- база знаний по режимам резания (механическая обработка) и режимам обработки (для других видов производств);
- база знаний по нормированию.

Для работы с системой *Techcard* необходим компьютер следующей конфигурации: процессор класса Pentium 150 и выше; оперативная память не менее 32 мегабайт; 20 мегабайт на жестком диске для установки клиентской части (70 мегабайт на жестком диске сервера для установки серверной части); видеоадаптер с памятью не менее 1 М и монитор SVGA, поддерживающий разрешение 800 × 600 точек и более; система *Microsoft Windows 95/98/NT 4.0*; *Auto CAD 2000* и выше.

4.2 Система ТехноПро

Система *ТехноПро* предназначена для проектирования маршрутных, маршрутно-операционных и операционных ТП. Позволяет работать в диалоговом, полуавтоматическом и автоматическом режимах, а также использовать их сочетание. Может применяться для проектирования ТП механической обработки, сборки, сварки, термообработки и др.

Система *ТехноПро* разработана на основе реляционной базы данных *Microsoft Access* и функционирует под управлением операционных систем семейства *Microsoft Windows*. Может работать автономно, а также в составе локальных вычислительных сетей совместно с другими САПР.

Автоматизированное проектирование ТП основано на *методе анализа*, в основе которого лежат *полные типовые решения*. При использовании данного метода структура индивидуального ТП не создается заново. Она формируется по составу и структуре соответствующего типового или группового ТП путем анализа необходимости каждой операции и перехода с последующим уточнением всех решений на уровнях декомпозиции *сверху–вниз*. Метод воплощает идею *от общего к частному*.

В системе *ТехноПро* применен метод классификации деталей, аналогичный методу групповых ТП. Для каждой группы формируется обобщенная модель всех деталей – *комплексная деталь*. Она включает все многообразие поверхностей рассматриваемой группы.

Для комплексной детали разрабатывается *унифицированный (групповой) технологический процесс (УТП)*. Он заведомо является избыточным, т.е. содержит операции и переходы по обработке всех деталей группы. Разработка *единичного (индивидуального) ТП (ЕТП)* заключается в анализе необходимости включения в него операций и переходов из соответствующего группового ТП и исключения лишних операций и переходов. Затем выполняется параметрическая настройка ТП: уточнение оборудования, технологической оснастки, выбор или расчет режимов резания и т.д.

Информационное обеспечение системы состоит из четырех взаимосвязанных баз данных:

- базы конкретных ТП,
- базы общих ТП,
- базы условий и расчетов,
- информационной базы.

Входная информация для проектирования ТП может вводиться *вручную* в диалоговом режиме, а также может быть получена *автоматически* из электронных чертежей. Чертежи, выполненные в системе *T-Flex CAD*, поступают в систему через интерфейс *OLE Automation*. По спроектированным ТП могут быть сформированы требования на изготовление оснастки, технологию изготовления которой также можно разработать в *ТехноПро*. Получаемая конструкторская и технологическая документация хранится в системе электронного документооборота *T-FLEX DOCs*.

Выходная информация может быть представлена в виде технологических документов по ЕСТД с горизонтальным или вертикальным разделением информации. Эти документы изначально формируются самой системой, а затем при необходимости могут быть скорректированы пользователем в диалоговом режиме с помощью пакета *Microsoft Word*.

Алгоритм автоматизированного проектирования технологического процесса в «ТехноПро»

На *предварительном этапе* необходимо создать базу данных. Для этого группируют детали в основном по технологическому сходству. При этом для каждой группы создается общий ТП, который содержит весь перечень операций изготовления всех деталей группы. Для создания общего ТП используются технологические процессы, уже освоенные в производстве. Можно использовать «бумажные» варианты ТП с последующим их переводом в электронный вариант или конкретные ТП, предварительно созданные в ходе работы с *ТехноПро* в диалоговом режиме.

Создание общего технологического процесса

Один из технологических процессов группы принимается за базовый и вводится в виде общего ТП (можно скопировать один из конкретных ТП, созданных в ходе работы в *ТехноПро*). В него добавляются недостающие операции и переходы из других технологических процессов (конкретных ТП). При добавлении выявляются признаки, в зависимости от которых необходимо выбирать ту или иную операцию, переход или маршрут. Проверка каждого из признаков вносится в виде условий в базу *ТехноПро*.

Примерами таких условий являются: проверки вида заготовки, марки или твердости материала детали, габаритов детали, наличия определенных элемен-

тов конструкции (поверхностей), их размеров и т.д.

Автоматическое проектирование индивидуальных технологических процессов

Создается описание конструкции детали, для которой необходимо спроектировать технологический процесс ее обработки.

Описание можно создать:

- ***автоматически*** – с электронной версии чертежа детали, созданного посредством системы геометрического моделирования *T-FLEX CAD*;
- ***интерактивно*** – вводя необходимые данные с клавиатуры;
- ***по шаблону*** – можно скопировать подобную деталь из уже имеющихся в базе единичных ТП или скопировать макет унифицированного ТП.

Описание чертежа детали заключается в заполнении:

- общих сведений о детали (данные из штампа и технические требования чертежа);
- параметров элементов конструкции (поверхностей), имеющих на чертеже детали.

Затем выбирается УТП соответствующей группы деталей и запускается процесс автоматического формирования ЕТП. *ТехноПро* выбирает из выбранного УТП операции и переходы, необходимые для изготовления каждого элемента конструкции детали, и переносит их в ЕТП. Из выбранного перечня система удаляет операции и переходы, обеспечивающие более высокое, чем требуется по КД и ТУ качество изготовления элементов детали.

Отбрасываются также операции и переходы, условия выбора которых не выполнены, и производятся необходимые расчеты для оставшихся операций и переходов. Для ТП механообработки рассчитываются технологические размерные цепи с учетом значений припусков, указанных в переходах УТП.

ТехноПро выполняет условия подбора технологического оснащения операций и переходов, а также имеющиеся в этих условиях расчеты режимов обработки и норм изготовления.

Затем система формирует тексты переходов, заменяя имеющиеся в них параметры на конкретные значения. Значения параметров выбираются в зависимости от типа выполняемой обработки – предварительной или окончательной.

Создавая ЕТП и условия, технолог «обучает» *ТехноПро* проектированию технологии под конкретное (свое) производство.

Диалоговое проектирование технологических процессов

При создании ТП в диалоговом режиме пользователь имеет возможность работать с *информационной базой* (ИБ) системы и базой ЕТП. Каждый спроектированный ТП остается в базе данных и на его основе может быть создан другой ТП. При создании нового ТП можно использовать созданные ранее ТП целиком, а также их отдельные операции и переходы.

Для автоматизации расчетов в таком режиме используются данные из базы условий и расчетов. Если требуется, то отдельные условия могут быть сведены в сценарии. Примерами применения условий и сценариев являются расчеты режимов резания, припусков и межпереходных размеров, норм времени.

Каждое наименование операции, оборудования, инструмента и т.п., вводимое пользователем в ходе проектирования, запоминается системой в информационной базе и может быть в дальнейшем использовано при проектировании других ТП. Тем самым в системе реализован принцип постепенного автоматического формирования информационной базы.

На рисунке 4.3 представлены основные виды информации, которыми пользователь может оперировать при диалоговом проектировании ТП.

Таким образом, добавление и редактирование технологических операций и переходов, технологического оснащения возможно как вводом с клавиатуры, так и выбором из *информационной базы*. Имеется возможность копирования и редактирования операций и переходов из ранее созданных ЕТП, возможен также импорт/экспорт ЕТП. Имеется возможность копирования, удаления, перемещения и редактирования операций и переходов. Разработанный ТП может быть распечатан в виде технологических карт различных форм.

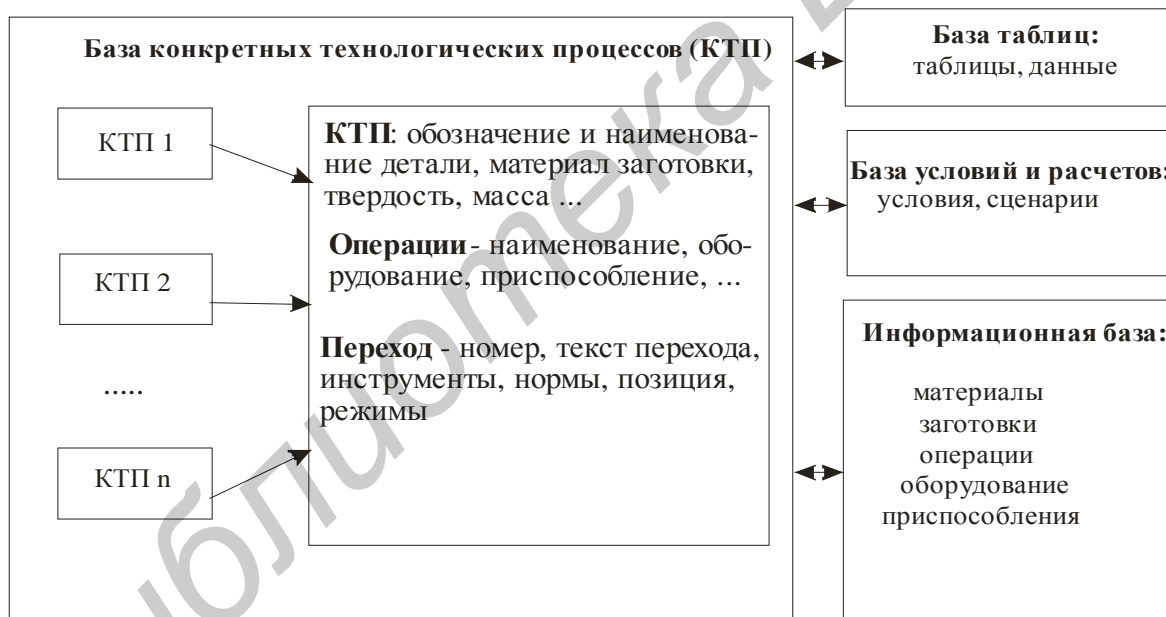


Рисунок 4.3 – Информация, используемая пользователем при диалоговом проектировании технологических процессов

Автоматическое проектирование технологических процессов

По мере эксплуатации системы *ТехноПро* в ее базах накапливается большое количество уже освоенных в производстве ТП. При изготовлении различных деталей структура части операций, переходов и ТП повторяется. Поэтому можно создать базу автоматического проектирования ТП. Для этого необходи-

мо сгруппировать детали по сходству технологий их изготовления. По мере расширения группы возрастает гарантия того, что разработка технологии изготовления новых деталей будет полностью автоматизирована.

Для каждой группы создается УТП, включающий операции изготовления всех деталей группы. Формирование УТП производится в следующей последовательности: один из технологических процессов группы принимается за базовый и вводится в виде ЕТП в диалоговом режиме, затем в него добавляются недостающие операции и переходы из других ЕТП. При добавлении выявляются признаки, по которым необходимо выбирать ту или иную операцию, переход или маршрут. Проверка каждого из признаков вносится в виде условий в базу *ТехноПро*. Примерами таких условий являются проверки вида заготовки, марки или твердости материала детали, габаритов детали и других параметров.

Создание УТП следует проводить, руководствуясь схемой, изображенной на рисунке 4.4.

После создания УТП можно переходить к автоматическому проектированию. Для этого достаточно создать описание конструкции конкретной детали с использованием графических средств или ввести необходимые данные с клавиатуры. Затем ей назначается соответствующий УТП и запускается процесс автоматического формирования ТП.

По ходу процесса система выбирает из УТП операции и переходы, необходимые для изготовления каждого элемента конструкции детали, и переносит их в ЕТП. Отбрасываются операции и переходы, обеспечивающие лучшее качество изготовления по сравнению с указанным на чертеже, а также те, в которых условия выбора не выполнены, и производятся все необходимые расчеты.

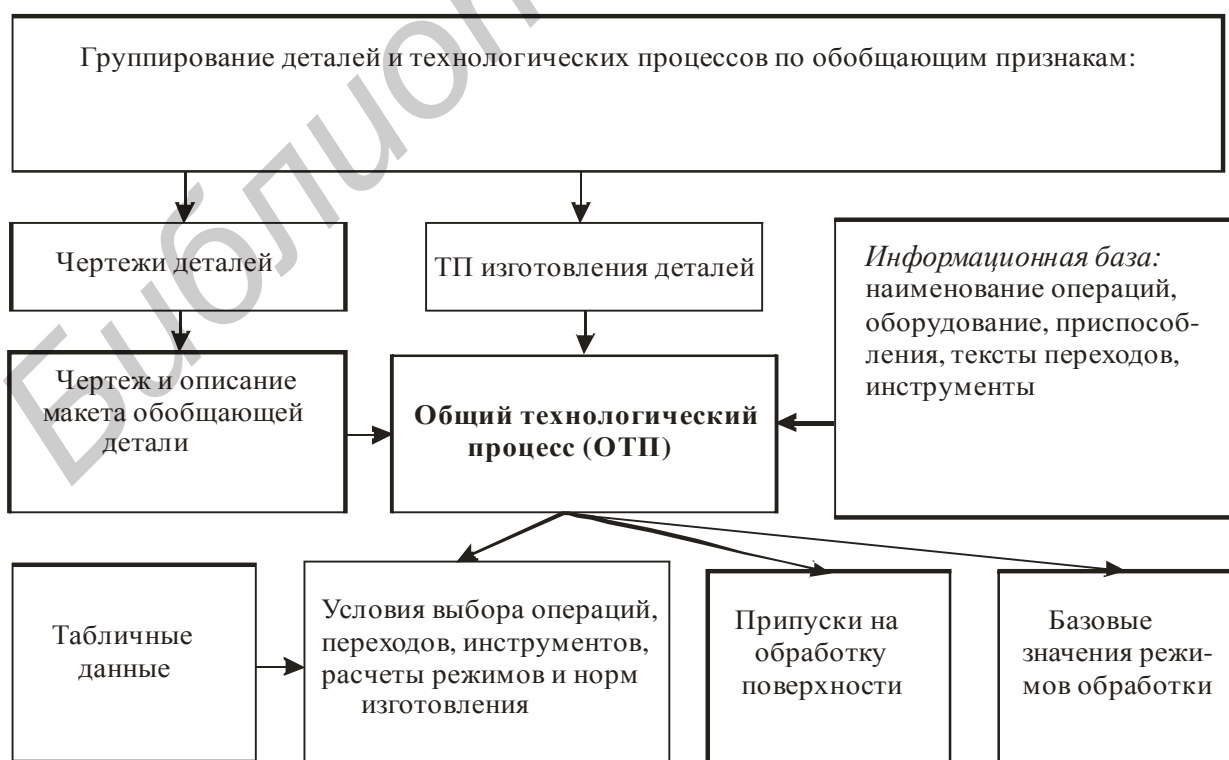


Рисунок 4.4 – Схема последовательности создания УТП

Затем система рассчитывает технологические размерные цепи с учетом значений припусков, указанных в переходах ЕТП, выполняет условия подбора оснащения операций и переходов и имеющиеся в этих условиях расчеты режимов обработки, норм времени и т.п.

В конце процесса проектирования формируются тексты переходов с заменой имеющихся в них параметров на рассчитанные значения, которые выбираются в зависимости от типа выполняемой обработки – предварительной или окончательной.

Важным свойством системы является ее реакция на изменения в конструкции детали, качестве поверхности или иных технических требованиях, т.е. система автоматически подбирает необходимые операции и рассчитывает технологические размерные цепи.

Поставляемая ИБ наполнена нормативно-технической информацией. Для экономии места на диске компьютера можно оговорить перечень стандартов, которые должны присутствовать в базе, так как поставка более 1000 стандартов по приспособлениям, инструментам и комплектующим вряд ли необходима каждому предприятию. При проектировании ТП можно добавлять в базу специальный инструмент, оборудование, новые тексты переходов. Наполнение баз системы определяется видом проектируемой технологии, например: нанесение покрытий, термообработка, штамповка, сварка, сборка, электромонтаж, изготовление печатных плат и др.

4.3 Основы работы в среде ТехноПро

Описание основного меню

Основное меню системы содержит пункты (кнопки), с помощью которых открывается окно с одноименной базой данных (рисунок 4.5).

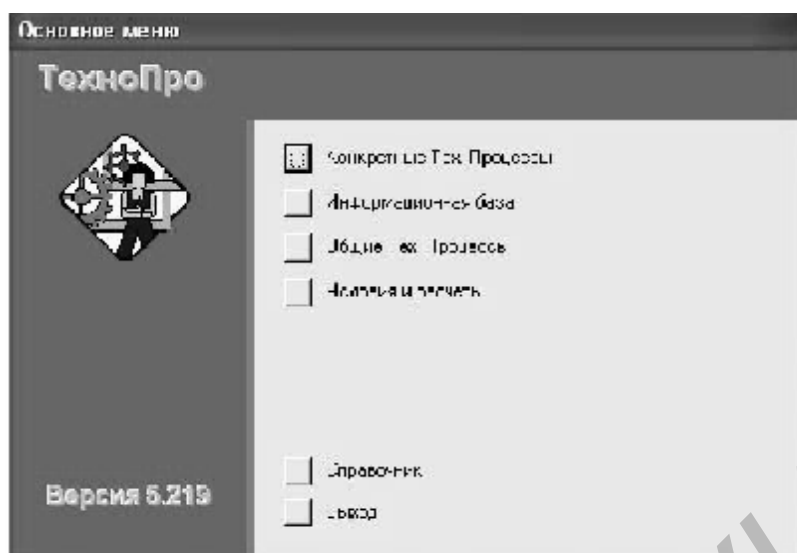


Рисунок 4.5 – Основное меню системы *ТехноПро*

Кнопка **Конкретные Тех. Процессы** открывает базу данных, в которой проектируются ЕТП с дальнейшей выдачей результатов проектирования на печать в виде комплекта технологических документов.

Кнопка **Информационная база** открывает базу данных с перечнями СТО, материалов, инструмента и т.п. Проектирование каждого ТП основано на выборе строк данных из информационной базы.

Кнопка **Общие Тех. Процессы** открывает базу УТП с наборами операций, переходов, оснащения, применяемых как при автоматическом, так и при диалоговом проектировании ТП.

Кнопка **Условия и расчеты** открывает базу данных, в которую вносятся условия выбора операций, переходов, оснащения, а также необходимые расчеты параметров ТП.

Выбор кнопки **Выход** вызывает закрытие всех окон и окончание работы системы.

Выбор кнопки **Справочник** вызывает появление на экране формы, позволяющей настроить систему *ТехноПро* (кнопка **Настройка**), выбрать или зарегистрировать пользователя (кнопка **Пользователи**).

Кроме кнопок **Пользователи** и **Настройка** в меню **Справочник** имеются кнопки: **Вид элемента**, **Тип элемента**, **Общие параметры**, **Конкретные параметры**, **Параметры шероховатости**. Выбор этих кнопок открывает списки параметров классификации деталей для их корректировки.

В поле **Файл данных** должно быть указано расположение файла *TehnoDat.mdt* (там же должен находиться файл *TehnoTab.mdb*). Эти файлы содержат все базы данных системы. Если сама система не смогла найти этот файл в текущем каталоге, то его расположение необходимо указать вручную, выбрав кнопку **Присоединить**. Файлы данных *TehnoDat.mdt* и *TehnoTab.mdb* могут находиться на компьютере пользователя, на сервере сети или на любом другом

компьютере локальной сети.

В поле **Путь для рисунков Информационной базы** задается имя каталога, в котором находятся и куда добавляются файлы иллюстраций к строкам данных ИБ. В поле **Путь для рисунков элементов** указывается имя каталога, в котором размещены упрощенные изображения обрабатываемых поверхностей или других элементов конструкций – файлы: *rov01.bmp*, *rov02.bmp*, *rov0102.bmp* и т. п. В поле **Путь для шаблонов документов** указывается имя каталога, в котором находятся и в который будут добавляться файлы форм технологических документов. В поле **Путь для готовых документов ТП** указывается имя каталога для размещения файлов *MS Word*, содержащих карты технологических документов. В поле **Путь для готовых эскизов ТП** указывается имя каталога размещения графических файлов, создаваемых с помощью программы *ТехЭскиз*.

Создание конкретного технологического процесса

Для создания конкретного технологического процесса в загрузившемся основном меню программы выбираем пункт **Конкретные Тех. Процессы** (см. рисунок 4.5).

Для ввода нового ТП необходимо выбрать группу **Конкретные ТП** или группу, обозначающую сборочную единицу и нажать правую кнопку мыши, затем выбрать пункт **Добавить Дет** или **Добавить Сб** из появившегося меню (рисунок 4.6).

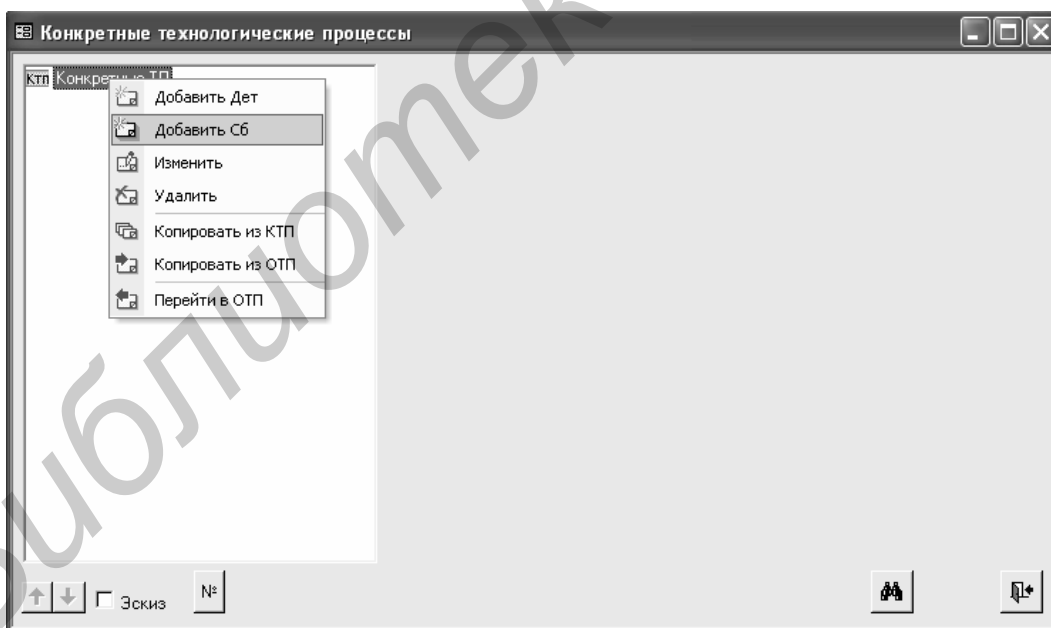


Рисунок 4.6 – Добавление техпроцесса для детали или сборочного изделия

Добавление технологической операции

Вначале следует заполнить форму сведений о детали (сборочной единице), ТП изготовления которой необходимо разработать. Обязательными для заполне-

ния являются поля **Обозначение детали** и **Наименование детали**. После этого курсор мыши устанавливается на пустое пространство в окне дерева классификации КТП и нажимается ее левая кнопка. В дереве появится группа с определенным именем. Далее надо выбрать подгруппу **Деталь**, ответвляющуюся от этой группы, и нажать правую кнопку мыши. Из появившегося меню надо выбрать пункт **Добавить**.

В открывшейся форме содержания операции (рисунок 4.7) для ввода наименования операции необходимо поставить курсор в поле **Операция** и набрать на клавиатуре, например «отре», после чего система сама предложит вариант технологической операции, имеющейся в базе, например «отрезка». Далее можно ввести номер цеха, участка и рабочего места, на котором будет выполняться операция «Отрезка». Номер операции присваивается автоматически. Операции нумеруются с шагом, задаваемым в пункте **Настройка** основного меню системы.

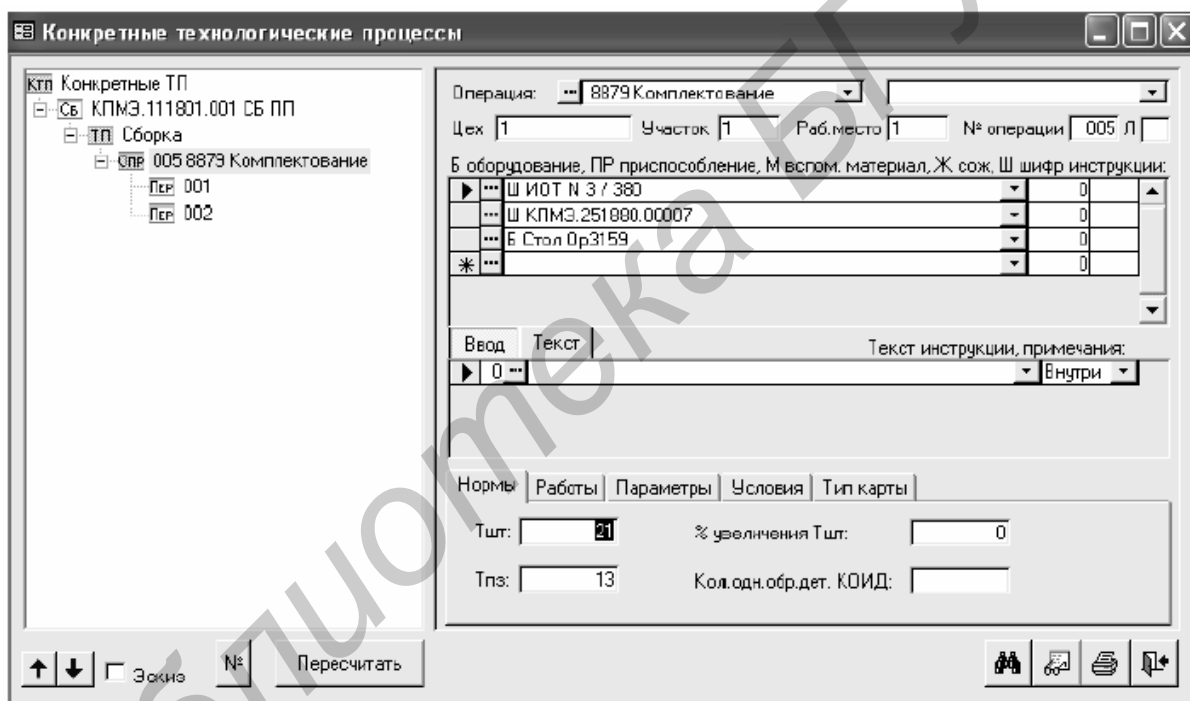


Рисунок 4.7 – Заполнение полей на примере операции комплектования

Перевод курсора в поле **Б оборудование, ПР приспособление, М вспом. материал...** вызывает появление пункта «005 Отрезка» в дереве классификации КТП. Для назначения оборудования можно выбрать кнопку слева в поле **Б оборудование, ПР приспособление, М вспом. материал...** Появится окно ИБ. Если в ИБ нет необходимого оборудования или модели оборудования, то его можно ввести, включая ввод новых классификационных признаков. Например, добавим модель оборудования (круглопильный отрезной круг) в имеющуюся строку данных и оборудование другой модели. Для этого необходимо поставить курсор в конец строки **Круглопильный** и набрать на клавиатуре его модель.

Для передачи строки оборудования в проектируемый ТП необходимо выбрать кнопку **Добавить в ТП**, расположенную справа внизу окна ИБ. После выбора кнопки **Добавить в ТП** окно ИБ не закрывается, а в дереве классификации ИБ открывается группа **Приспособления**. В ней необходимо выбрать подгруппу, например **Тиски**. Для выбора требуемой модели тисков можно воспользоваться функцией поиска – она запускается выбором кнопки, находящейся справа внизу окна информационной базы. После выбора этой кнопки выдается форма запроса критериев поиска в полях параметров приспособлений типа **Тиски**. Например, необходимо найти тиски с величиной рабочего хода не менее 100 мм. Введите критерий **>100** в поле параметра **Рабочий ход**.

После выбора кнопки **Добавить в ТП** окно ИБ не закрывается, а в дереве классификации ИБ открывается группа **Вспомогательные материалы**, затем **Шифры инструкций**, **СОЖ** и **Дополнительные материалы**. В этих или других группах ИБ можно указывать требуемые строки, выбирая кнопку **Добавить в ТП**. Такая автоматическая последовательность открытия групп ИБ включается, только если при открытии ИБ в списке оснащения операции не было ни одной строки. Поле очередности выдачи заполняется автоматически порядковыми номерами по мере добавления инструкций в операцию. Эти номера определяют порядок следования инструкций в картах ТП. Номера можно менять с клавиатуры, изменяя тем самым порядок выдачи инструкций в технологические карты.

Для добавления следующей операции необходимо в дереве классификации поставить курсор на группу **Деталь**, нажать правую кнопку мыши и из появившегося меню выбрать пункт **Добавить** и повторить действия, описанные выше. Нумерация операций производится автоматически, начиная с номера и с шагом, указанных в закладке **Опции КТП** настройки системы. При удалении и перемещении операции номера пересчитываются. В форме каждой операции имеется поле **Л Литера**. Если в это поле внести какое-либо значение (например, литеру контрольной операции или номер варианта операции), то этой операции будет присвоен номер предыдущей операции. Номер операции с литерой будет показан в дереве КТП и выдан в карты ТП.

Для добавления перехода необходимо в дереве классификации КТП поставить курсор на операцию, например **005 Отрезка** и нажать правую кнопку мыши. Из появившегося меню выбрать пункт **Добавить**. Справа в окне откроется форма описания перехода. Ввод текста перехода производится при нажатой кнопке **Ввод**.

Текст перехода можно добавить выбором из ИБ. Для этого можно воспользоваться выпадающим списком текстов переходов, появляющимся при выборе кнопки раскрывающегося списка на правом краю поля.

Другим способом ввода текста перехода является его выбор в окне ИБ. Это окно открывается выбором кнопки на левом краю поля. В открывшемся окне ИБ необходимо найти требуемую группу текстов переходов, поставить курсор на нужный текст и выбрать кнопку **Добавить в ТП**.

Для заполнения текста необходимо перейти в режим его редактирования, для этого надо выбрать кнопку **Текст**. Заполнить текст перехода конкретными размерами можно двумя способами: вручную, набором с клавиатуры цифр для замены параметров D и L и автоматически, выбором кнопки **Пересчитать**.

Автоматическое заполнение текста перехода производится по значениям параметров обрабатываемого в переходе элемента конструкции или по значениям параметров перехода. Установить связь перехода с обрабатываемым элементом можно, выбрав его код из выпадающего списка элементов детали. Для открытия списка необходимо выбрать кнопку раскрывающегося списка слева в поле кода элемента.

Если ранее не было введено ни одного элемента, список элементов будет пуст. Для ввода кода заготовки необходимо в окне дерева классификации выбрать группу **Деталь**. В форме, появившейся справа в окне, надо выбрать закладку **Элемент**, затем открыть выпадающий список **Вид** и выбрать **nr Цилиндрическая** (пруток). Далее надо выбрать **Тип – заготовка 9** и задать с клавиатуры номер, равный 01. Таким образом код заготовки внесен в список поверхностей. Для задания размеров заготовки необходимо выбрать закладку **Параметры** и внести их значения. Для возвращения в создаваемый переход надо выбрать его обозначение в окне дерева классификации. Далее в переходе можно открыть выпадающий список в поле **Код элемента** и выбрать код заготовки, например 030901. Таким образом, установлена связь создаваемого перехода с заготовкой и ее параметрами. Код элемента можно вводить и с клавиатуры прямо в поле кода. Введенный код добавляется к списку кодов элементов детали, но задать значения параметров элемента можно, только перейдя в группу **Деталь**.

После этого достаточно выбрать кнопку **Пересчитать**, чтобы система заполнила текст перехода. Заполненный текст можно просмотреть и откорректировать с клавиатуры в режиме редактирования, включенном выбором кнопки **Текст**. После пересчета теряются все изменения текстов переходов, введенные с клавиатуры. Запускать пересчет лучше после ввода всех переходов и операций проектируемого ТП.

Поле **РИ режущий инструмент, СИ Измерительный...** заполняется строками из ИБ. Выбор строк из ИБ проводится с использованием выпадающего списка или через открытие окна ИБ. Приемы выбора инструментов из ИБ аналогичны приемам, описанным выше, при вводе оборудования и приспособления в операцию.

При открытии ИБ производится автоматический вход в группу **Режущие инструменты**. После выбора кнопки **Добавить в ТП** для передачи режущего инструмента в ТП окно ИБ не закрывается, а в дереве классификации ИБ открывается группа **Измерительный инструмент**, затем **Вспомогательный инструмент**, **Вспомогательные материалы**, **Приспособления** и **Дополнительные материалы**. В этих или других группах ИБ можно указывать требуемые

строки, выбирая кнопку **Добавить в ТП**. Такая автоматическая последовательность открытия групп ИБ включается, только если при открытии ИБ в списке оснащения перехода не было ни одной строки.

Автоматическое формирование текста перехода по параметрам перехода не требует наличия кода элемента. Достаточно внести параметры в закладку **Параметры** перехода, указать их значения и выбрать кнопку **Пересчитать**. Если в переход вводится текст перехода с переменными, то *ТехноПро* автоматически заполняет закладку **Параметры** именами переменных, имеющимися в тексте.

В закладке **Параметры** надо ввести значения тех параметров, которые необходимо вставить в текст перехода.

Кроме значения параметров можно ввести поле допуска на размер. Его можно выбрать из выпадающего списка, нестандартные отклонения вводятся в поля **Нижний** и **Верхний**.

Другим способом ввода допусков на размер является вызов таблицы полей допусков. Вызов таблицы производится двойным щелчком мыши по полю **Квалитет** или по полям: **Вал. доп.**, **Отв. доп.**, **Верхний**, **Нижний** в строке параметра. В появившейся табличке надо выбрать требуемое поле допуска и затем квалитет. После выбора кнопки **ОК** поле допуска и отклонения будут внесены в соответствующие поля.

После ввода параметров надо выбрать кнопку **Пересчитать**. Значения параметров будут вставлены в текст. Неуказанные параметры или параметры со значением ноль не вставляются в текст. Отдельные строки текста, содержащие такие параметры, игнорируются. Даже если в переходе указан код элемента и у него имеются параметры со значениями, то при формировании текста они игнорируются, если одноименные параметры указаны в закладке **Параметры** перехода. Для добавления следующего перехода необходимо повторить все действия, описанные выше. Для изменения порядка следования переходов в операции необходимо воспользоваться кнопками со стрелками **вверх** или **вниз**.

При формировании переходов имеется возможность внесения основного (T_o) и вспомогательного (T_e) времени их выполнения. Ввод норм производится в закладку **Режимы** перехода КТП. После ввода чисел в каждое поле нормы *ТехноПро* производит суммирование T_o и T_e всех переходов в операции. Рассчитанное значение увеличивается на «% увеличения $T_{ум}$ » и вносится в поле штучно-калькуляционного времени $T_{ум}$ в закладке **Нормы** операции. При необходимости в закладке **Режимы** перехода можно ввести параметры режима выполнения работ, например, механической обработки, сварки, пайки или др.

В поле **Параметр** вводится имя параметра режима, в поле **Значение** вводится числовое значение параметра. Для упрощения ввода имени параметра можно воспользоваться выпадающим списком. Если имени требуемого параметра нет в списке, то его можно ввести с клавиатуры. Значения параметров режима выдаются в карты ТП в секцию **Режим**, в поля, одноименные параметрам

рам в ИБ, и могут использоваться после добавления новой операции или перехода. Данные также можно вносить прямо в поля формы. Можно начать заполнение текста перехода прямо с клавиатуры, по мере набора букв система будет предлагать близкие по написанию тексты из ИБ. Если требуемого текста нет в ИБ, то необходимо перейти в режим корректировки, выбором кнопки **Текст** отредактировать текст и нажать клавишу **Ввод**. Введенный текст перехода не будет внесен в ИБ, а сохранится только в ТП.

После ввода текста перехода можно добавить необходимое оснащение. Тип вводимого оснащения задается первыми буквами вводимой строки, например РИ (режущий инструмент). По мере ввода наименования с клавиатуры система производит поиск похожего наименования режущего инструмента в ИБ. Если такого наименования в ИБ не найдено, то при переходе на другую строку или нажатии **Ввод** появится запрос следующего содержания: «*Данный инструмент отсутствует в списке. Вы хотите добавить в список (наименование инструмента)?*». Выбор кнопки **Да** вызовет добавление наименования оснастки в ИБ и перевод курсора в следующую строку оснащения. В следующей строке можно ввести, например, измерительный инструмент.

Допускается ввод следующих типов оснащения:

- *в операции:*

Б – оборудование;

К – комплектующие;

ПР – приспособление;

ИН – инструмент;

М – вспомогательный материал;

С – средства;

Ш – шифр инструкции;

ТР – тара;

- *в переходе:*

РИ – режущий инструмент;

К – комплектующие;

СИ – измерительный инструмент;

ИН – инструмент;

ВС – вспомогательный инструмент;

С – средства;

М – вспомогательный материал;

ТР – тара;

Л – дополнительный материал;

ПР – приспособление.

Типы оснащения можно вводить как большими, так и маленькими буквами. От наименования оснащения его тип должен отделяться пробелом. Невозможно ввести наименование оснащения без указания его типа.

Без типов вводятся наименования операций, тексты инструкций и тексты переходов, так как их ввод допускается только в определенные поля.

Аналогичные действия применяются и для ввода операций ТП. Сформированный таким образом ТП можно выдать на печать, выбрав кнопку с изображением принтера внизу окна КТП (см. рисунок 4.7).

Сформированный ТП можно также просмотреть, отредактировать и выдать на печать в виде технологических карт (рисунок 4.8).

Размещение введенных данных в информационную базу

Рисунок 4.8 – Просмотр карт технологического процесса перед выдачей на печать

Копирование из общего технологического процесса

Система *ТехноПро* обеспечивает наполнение проектируемого ТП операциями и переходами не только с использованием ИБ, но и с помощью заранее подготовленных операций и переходов из базы общих технологических процессов (ОТП).

Добавление операции или перехода из ОТП задается выбором пункта **Копировать из ОТП** в меню, появляющемся при нажатии правой кнопки мыши. Причем не имеет значения, на операции или на переходе расположен курсор мыши. Выбранные переходы вставляются в конце операции. Выбранные операции вставляются в конце ТП. Операции из ОТП переносятся со всеми имеющимися в них переходами. Изменять положение операции в ТП или перехода в операции можно, используя кнопки **Вверх/Вниз**, высвеченные в левом нижнем углу окна КТП.

При добавлении из ОТП операции с несколькими переходами система по очереди запрашивает коды элементов для каждого переносимого перехода. Коды можно оставить без изменения или выбирать из списка имеющихся элементов, также их можно ввести заново в закладке **Элемент**. Значения параметров элементов задаются в закладке **Параметры**.

После задания всех элементов и их параметров выбор кнопки **Пересчитать** вызывает не только формирование текстов переходов, но и расчет технологических размерных цепей и подбор инструмента. Такой метод проектирования ТП называется *полуавтоматическим*.

Добавление операций из ОТП обеспечивает как заполнение ТП нужными операциями, так и диалоговое описание конструкции изготавливаемой детали. Для добавления операции необходимо в дереве классификации выбрать какую-либо операцию проектируемого ТП и нажать правую кнопку мыши. Из появившегося меню надо выбрать пункт **Копировать из ОТП**. На экране появится дерево классификации базы ОТП. В нём необходимо поставить курсор мыши на требуемую операцию и выбрать кнопку **ОК**. После этого система начнет предлагать для вставки в проектируемый ТП все переходы, имеющиеся в выбранной операции ОТП. Порядок появления переходов соответствует последовательности, в которой они стоят в операции. Появляется форма для увязки копируемого перехода с элементом детали или заготовки и их параметрами. Список элементов в этой форме соответствует списку элементов в форме **Детали КТП**.

Для того чтобы переход был добавлен в КТП с тем же кодом элемента, что и в ОТП, необходимо выбрать кнопку **Добавить с элементом**. Код элемента в переходе можно изменить на код элемента, уже имеющийся в списке. Если курсор поместить на код в списке элементов (например на 030901) и выбрать кнопку **Добавить**, то переход будет добавлен в КТП с кодом элемента 030901. Мож-

но ввести элемент с новым кодом и заменить им код в переходе. Для ввода кода нового элемента необходимо поставить курсор на пустую, нижнюю строку списка. Далее необходимо выбрать закладку **Элемент** и в ней задать **<Вид>**, **<Тип>** и **<Номер>** элемента, обрабатываемого в этом переходе. Открыв закладку **Параметры**, можно задать значение параметров диаметра **<D>**, например 38 мм, и **<L>**, например 20 мм. После выбора кнопки **Добавить** (внизу формы) переход с кодом элемента 030102 будет вставлен в КТП, а элемент 030102, его параметры и их значения будут добавлены к перечню элементов детали. Если выбрать кнопку **Пропустить**, то переход не будет вставлен в КТП и появится запрос на вставку следующего перехода ОТП. Выбор кнопки **Отмена** прекращает процесс выбора и вставки. Ввод переходов можно продолжить, но замена параметров текстов переходов произойдет только после выбора кнопки **Пересчитать**, располагающейся внизу слева в окне КТП.

Копирование из конкретного технологического процесса

Если необходимые для формирования нового ТП операции и переходы были ранее сформированы в других КТП, то их можно скопировать. Для копирования необходимо установить курсор в окне классификации КТП на наименование КТП или на подгруппу **Деталь**, или на любую операцию. После этого необходимо нажать правую кнопку мыши и из появившегося меню выбрать пункт **Копировать из КТП**. В появившемся окне с деревом классификации КТП необходимо поставить курсор на наименование КТП или его операцию или переход и выбрать кнопку **ОК**.

Если в окне выбора КТП курсор стоит на наименовании КТП, то копируется весь ТП, включая общие сведения о детали, список её элементов, все операции с переходами. Если курсор стоит на группе **Деталь**, то копируется весь КТП, включая список элементов детали и все операции ТП со всеми переходами.

Если курсор стоит на операции, то она копируется со всеми переходами. Если на переходе, то копируется переход, но при этом курсор в окне КТП должен стоять на операции, в которую необходимо добавить копируемый переход, иначе система даст сообщение и не выполнит копирование.

Копируемые отдельные операции добавляются в конце ТП, копируемые отдельные переходы добавляются в конце операции. Можно переместить операцию или переход, поставив на него курсор и выбрав одну кнопку со стрелками внизу окна КТП. После копирования ТП его можно отредактировать, применяя методы, описанные в предыдущих разделах.

Например, если необходимо заменить резец, применённый в переходе, то необходимо слева в его строке выбрать кнопку **«...»**. Откроется ИБ и курсор автоматически устанавливается на строку описания этого резца. Далее в ИБ необходимо найти требуемый резец, установить на него курсор и выбрать кнопку **Заменить в ТП** в окне КТП. Кроме добавления и редактирования операций и

переходов КТП их можно удалять. Для этого необходимо установить курсор мыши на удаляемую операцию или переход, затем нажать правую кнопку мыши и из появившегося меню выбрать пункт **Удалить**.

После удаления, добавления или перемещения операций и переходов КТП их сквозная нумерация восстанавливается автоматически.

Применять кнопку **Пересчитать** можно, только если скопированный КТП был создан на основе ОТП. Иначе исчезнут тексты переходов, введенные в КТП в диалоговом режиме, так как они отсутствуют в ИБ.

Поиск детали и технологического процесса

Для копирования КТП сначала необходимо найти деталь и ТП, подобные создаваемым. Для этого можно воспользоваться функцией поиска. Поиск запускается выбором кнопки справа внизу окна КТП.

Область поиска задается положением курсора мыши в дереве классификации КТП в момент выбора кнопки запуска поиска. Если курсор установлен на корневой группе **Конкретные ТП**, то поиск будет производиться среди всех деталей базы КТП. Например, если курсор, в момент запуска поиска стоял на группе **2345-8790 Блок**, то в форме поиска появится список из всех, входящих подгрупп деталей. Форма поиска обеспечивает задание параметров искомой детали. Список деталей можно отсортировать по определенному полю. Для этого необходимо выбрать наименование поля, например **Материал**. При вводе искомого наименования в поле над каждым столбцом список соответственно сокращается. Наименования можно вводить в поля нескольких столбцов. Например, после ввода в поле **Материал** контекста **03**, а в поле **Наименование Детали** контекста **Ось** список значительно сократится. Для перехода к найденной детали необходимо выбрать ее курсором в списке и затем выбрать кнопку **«Перейти»**, находящуюся внизу формы поиска.

Для формирования технологических карт необходимо выбрать расположенную справа внизу в окне КТП кнопку с изображением принтера. На экране появится меню доступных форм документов. Для формирования документа необходимо выбрать кнопку, находящуюся в строке его описания. *ТехноПро* начнет формировать документ для *Microsoft Word*.

Если выбрать большую кнопку в левом нижнем углу меню, то формируются несколько документов, отмеченных флажками. Ход процесса отображается на индикаторе. При необходимости его можно прервать кнопкой **Отмена**. По окончании процесса раздается звуковой сигнал и индикатор исчезает с экрана. Для открытия сформированного документа необходимо развернуть (выбрать) значок *Microsoft Word*.

Сформированному документу автоматически присваивается имя файла, и он сохраняется в папке, указанной в поле **Путь для готовых документов ТП** в меню настройки системы. Сведения обо всех сформированных документах автоматически вносятся в закладку **Документы** общих сведений о детали. Это по-

звolyет быстро их найти, открыть, просмотреть, отредактировать, распечатать или удалить.

Редактирование и сохранение документа можно производить обычными приемами работы в текстовом редакторе *Microsoft Windows*.

Вставка эскизов в карты технологического процесса

Имеется возможность вставки эскизов, подготовленных в любой графической системе. В качестве примеров графических систем можно привести *Paint*, *Photoshop*, *AutoCAD*, *SolidWorks*. Так как система *ТехноПро* формирует документы в формате *Microsoft Word*, то можно вставить операционный эскиз «вручную» – прямо в готовый документ.

Для этого необходимо открыть подготовленный технологический документ в *MS Word*, установить курсор на поле карты, куда необходимо вставить рисунок. Затем из верхнего выпадающего меню *MS Word* выбрать пункт **Вставка\Объект**. Появится окно **Вставка объекта**, и в нем откроется закладка **Создание** со списком систем, установленных на компьютере. В списке нужно указать систему, документ которой необходимо вставить в технологическую карту (например, *CorelDraw*, *AutoCAD*, *SolidWorks*, *T-FLEX CAD*, *Microsoft Foto Editor*). Выбор **ОК** ее запустит, и в открывшемся окне системы можно создать изображение эскиза или открыть требуемый графический документ, после чего систему можно закрыть.

После закрытия окна системы созданный рисунок или выбранный документ будет помещен в виде рисунка в документ *MS Word*, его можно масштабировать и переместить в требуемое место.

В окне **Вставка объекта**, в закладке **Создать из файла** можно указать файл, требуемый для вставки в технологический документ. После нажатия **ОК** изображение из файла будет вставлено в документ *MS Word*.

В *MS Word*, кроме пункта меню **Вставка\Объект** можно воспользоваться пунктом **Вставка\Рисунок\Из файла**. При выборе этого пункта появится окно **Добавить рисунок** для указания файла с изображением эскиза. После выбора файла и нажатия кнопки **Вставка** рисунок будет вставлен в документ *MS Word*. Вставленный рисунок можно масштабировать и переместить в требуемое место на странице.

Автоматическое проектирование технологического процесса

В основе принципа автоматического проектирования ТП лежит подготовка условий для выбора режимов, оборудования, материалов и т.д. (рисунок 4.9). При этом необходимо подготовить технологические операции в ОТП, в которые включаются данные условия и уже при разработке КТП выбираются предварительно разработанные операции из ОТП.

Разработка условий производится с помощью построителя условий в диалоговом режиме (рисунок 4.10), в котором можно построить любое расчетное

или логическое условие для определенного действия в момент проектирования технологического процесса.

После того как все условия написаны и сохранены, производится их подключения в операции и переходы в ОТП (рисунок 4.11).

При формировании КТП производится выбор соответствующих операций и переходов из ОТП. После подготовки всего технологического процесса вводятся все необходимые параметры на разрабатываемую технологию изделия (рисунок 4.12). Нажатием кнопки **Пересчитать ТП** производится считывание условий, по которым рассчитываются все значения и выполняются соответствующие действия: подбор оборудования, оснастки режимов и т.д.

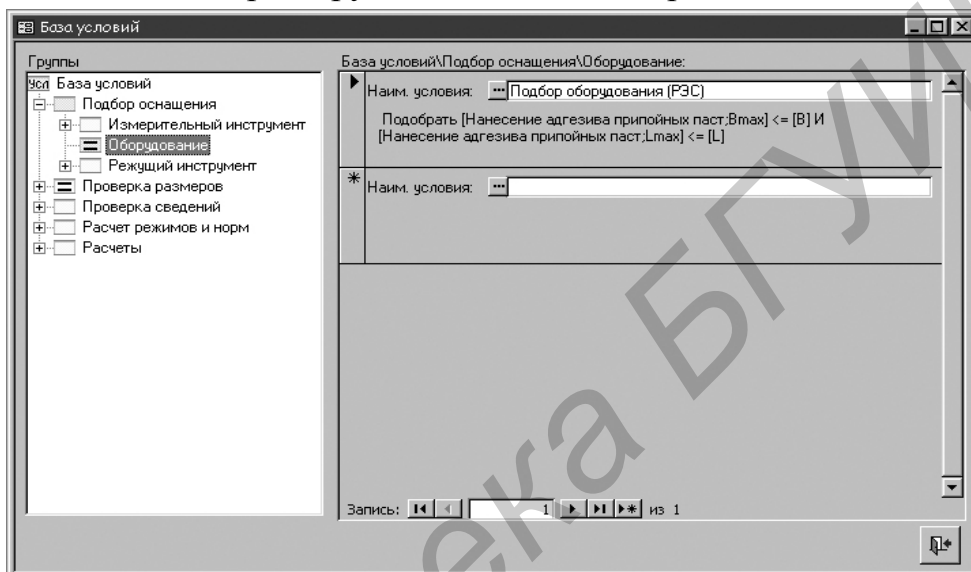


Рисунок 4.9 – Вид диалогового окна базы условий

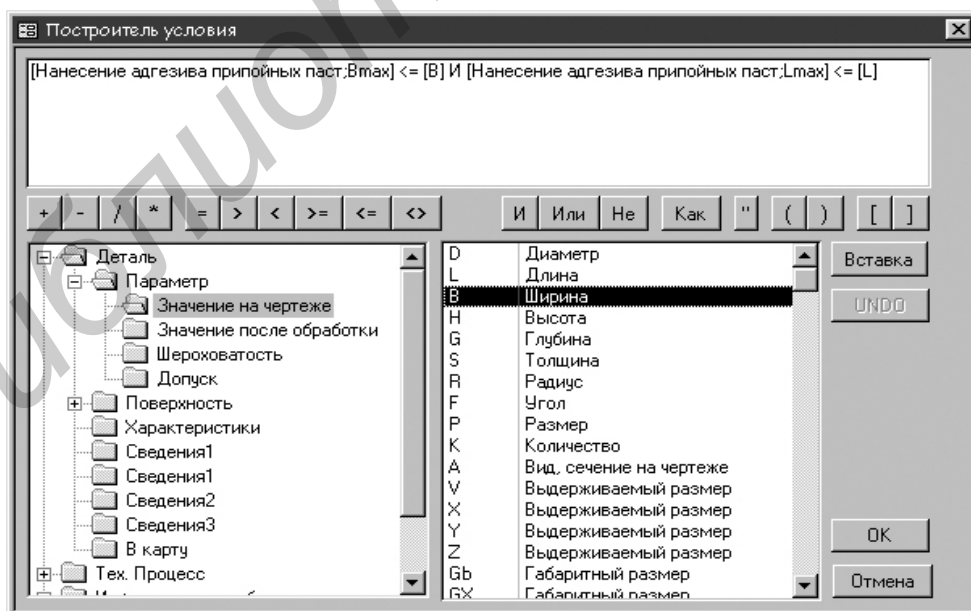


Рисунок 4.10 – Вид диалогового окна построителя условий

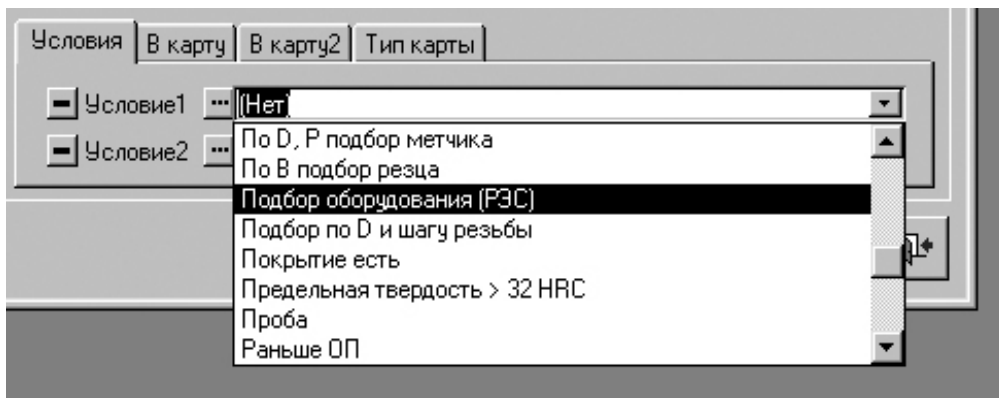


Рисунок 4.11 – Подключение условий в операциях и переходах

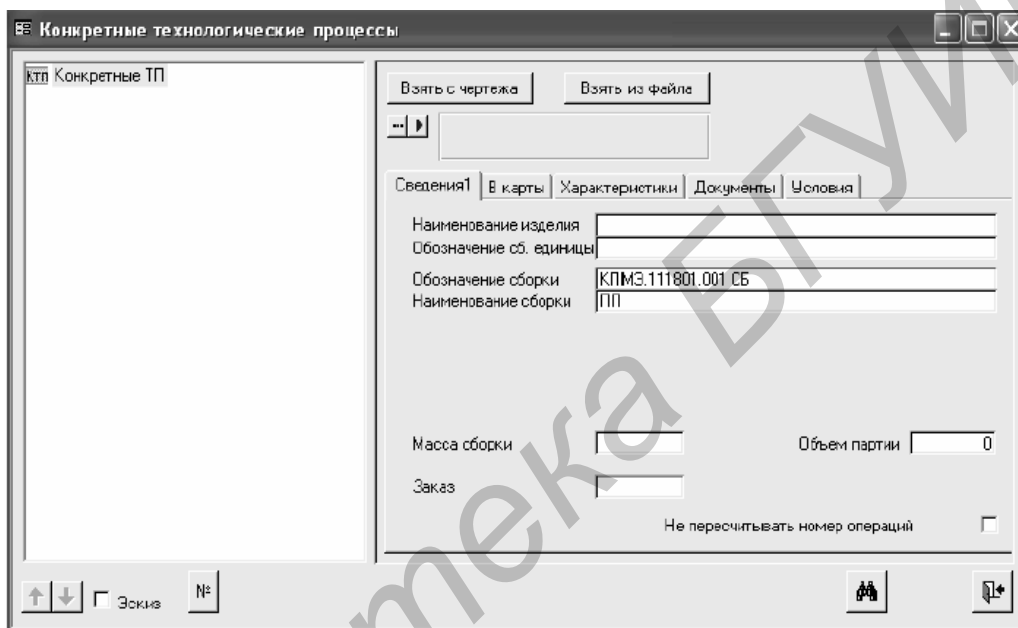


Рисунок 4.12 – Заполнение полей КТП

После просмотра и при необходимости редактирования спроектированного ТП сборки его можно выдать на печать, выбрав необходимый шаблон технологической карты (рисунок 4.13).



Рисунок 4.13 – Вид панели при выводе технологических документов на печать

Выбранные технологические карты загружаются в *MS Word* в виде заполненных шаблонов (см. рисунок 4.8), которые можно просмотреть и при необходимости откорректировать.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Арзамасов, Б. Н. Материаловедение : учебник для вузов / Б. Н. Арзамасов, В. И. Макарова. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 648 с.
- 2 Пасынков, В. В. Материалы электронной техники: учебник для вузов / В. В. Пасынков, В. О. Сорокин. – М. : Лань, 2005. – 368 с.
- 3 Антипов, Б. Л. Материалы электронной техники : задачи и вопросы / Б. Л. Антипов, В. С. Сорокин, В. А. Терехов. – М. : Лань, 2003. – 208 с.
- 4 Вейцман, Э. В. Технологическая подготовка производства РЭА / Э. В. Вейцман, В. Д. Венбрин. – М. : Радио и связь, 1989. – 128 с.
- 5 Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении : учеб. пособие / В. В. Бабук [и др.] ; под ред. В. В. Бабука. – Минск : Выш. шк., 1987. – 255 с.
- 6 Машиностроение. Энциклопедия. Т. III-2. Технология заготовительных производств / В. Ф. Мануйлов [и др.] ; под общ. ред. В. Ф. Мануйлова. – М. : Машиностроение, 1996. – 736 с.
- 7 Машиностроение. Энциклопедия. Т. III-3. Технология изготовления деталей машин / А. Г. Суслов [и др.] ; под ред. А. Г. Сусллова. – М. : Машиностроение, 2000. – 840 с.
- 8 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. / А. Г. Косилова [и др.] ; под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 2001. – Т.1 – 912 с.; Т.2 – 944 с.
- 9 Технология конструкционных материалов: учебник для вузов. 5 изд. / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского. – М. : Машиностроение, 2005. – 512 с.
- 10 Колесов, С. Н. Материаловедение и технология конструкционных материалов / С. Н. Колесов, И. С. Колесов. – М. : Высш. шк., 2004. – 519 с.
- 11 Горохов, В. А. Технология обработки материалов : учеб. пособие для вузов / В. А. Горохов. – Минск : Беларуская навука, 2000. – 439 с.
- 12 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 2006. – Т.1 – 912 с. ; Т.2 – 944 с.
- 13 Проектирование технологических процессов в машиностроении : учеб. пособие для вузов / Ю. М. Соломенцев [и др.] ; под ред. Ю. М. Соломенцева. – М. : Технопринт, 2003. – 910 с.
- 14 Гини, Э. Ч. Технология литейного производства. Специальные виды литья / Э. Ч. Гини, А. М. Зарубин. – М. : ИЦ «Академия», 2005. – 352 с.
- 15 Обработка металлов резанием: справочник технолога / А. А. Панов [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. – М. : Машиностроение, 2006. – 768 с.
- 16 Проектирование технологической оснастки машиностроительного производства : учеб. пособие для вузов / Г. Н. Андреев [и др.] ; под ред. Ю. М. Соломенцева. – М. : Высш. шк., 1999. – 415 с.

- 17 Горохов, В. А. Проектирование технологической оснастки : учебник для вузов / В. А. Горохов. – Минск : Бервіта, 1997. – 344 с.
- 18 Черпаков, Б. И. Технологическая оснастка : учебник для вузов / Б. И. Черпаков. – М. : ИЦ «Академия», 2005. – 288 с.
- 19 Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: учеб. пособие для вузов / Я. М. Радкевич [и др.]. – М. : Высш. шк., 2004. – 272 с.
- 20 Гальванические покрытия : справочник по применению / Ю. Гамбург. – М. : ИЦ «Техносфера», 2005. – 402 с.
- 21 Технология обработки материалов : метод. пособие по курсовому проектированию. В 2 ч. – Минск : БГУИР : Ч.1 / Г. М. Шахлевич и [др.], 2001. – 117 с.; Ч.2 / Г. М. Шахлевич [и др.], 2001. – 117 с.
- 22 Костюкевич, А. А. Технологические процессы изготовления типовых деталей электронной аппаратуры. В 2 ч. Ч.1. Технология изготовления осей, валов, втулок, зубчатых колес и многоосных деталей / А. А. Костюкевич, Г. М. Шахлевич. – Минск : БГУИР, 2002. – 86 с.
- 23 Кундас, С. П. Разработка и оформление технологической документации на процессы производства РЭС и ЭВС : метод. указания . В 2 ч. / С. П. Кундас, В. В. Боженков, Г. М. Шахлевич. – Минск : МРТИ, 1991. – Ч.1 – 76 с. ; Ч.2 – 86 с.
- 24 Кенько, В. М. Неметаллические материалы и методы их обработки / В. М. Кенько. – Минск : Дизайн ПРО, 1998. – 240 с.
- 25 Поляков, А. А. Технология керамических радиоэлектронных материалов / А. А. Поляков. – М. : Радио и связь, 1989. – 200 с.
- 26 Технология производства изделий из пластмасс : учеб. пособие / Я. Г. Киселев [и др.]. – Минск : УП «Технопринт», 2003. – 152 с.
- 27 TECHCARD. Версия 3.5. Руководство пользователя / А. М. Куприянич [и др.]. – Минск : Репринт, 1999. – 352 с.
- 28 Лихачев, А. Система автоматизированного технологического проектирования ТехноПро 99. Руководство пользователя / А. Лихачев. – М : АО «ТОП Системы», 1999. – 440 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Пример оформления задания на курсовое проектирование

Учреждение образования
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

ФАКУЛЬТЕТ КОМПЬЮТЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ЭТТ

_____ (А. П. Достанко)

" _____ " _____ 200__ года

З А Д А Н И Е

по курсовому проектированию

Студенту гр. 411101 Душевину А.А.

1 Тема проекта: Разработка технологического процесса изготовления рычага и конструкции технологической оснастки

(указать название)

2 Сроки сдачи студентом законченного проекта: 20.12.2008 г.

3 Исходные данные к проекту:

3.1 Чертеж детали.

3.2 Материал детали: чугун СЧ 15-32 или аналогичный.

3.3 Годовая программа выпуска: N=150000шт.

3.4 Технические требования:

3.4.1 Неуказанные предельные отклонения по 12 качеству

3.4.2 Покрытие для нормальных условий эксплуатации

3.5 Остальные технические требования по СТБ 1014-95.

3.6 Комплексный показатель технологичности 0,7.

4 Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов):

Введение.

4.1 Обзор методов изготовления деталей, аналогичных заданной.

4.2 Анализ исходных данных и основных технических требований к детали.

4.3 Отработка конструкции детали на технологичность.

4.4 Выбор методов обработки и составление технологического маршрута.

4.5 Выбор схем базирования и закрепления детали.

4.6 Расчет припусков на обработку и межоперационных размеров.

4.7 Выбор заготовки и метода ее изготовления.

4.8. Выбор технологического оборудования и универсальной технологической оснастки.

4.9 Проектирование операционной технологии изготовления детали.

4.10 Нормирование технологического процесса изготовления детали.

4.11 Проектирование специальной технологической оснастки.

Выводы. Литература. Приложения.

Продолжение приложения А

5 Перечень графического материала (с указанием обязательных чертежей и графиков):

- 5.1 Чертеж детали (1 лист формата А3, А4).
- 5.2 Сборочный чертеж оснастки (1 лист формата А1, А2).
- 5.3 Чертежи деталей оснастки (2...3 листа формата А3, А4).
- 5.4 Комплект технологической документации.

* как минимум 1 – 2 листа графического материала обязательно выполняются с применением САПР.

6 Консультанты по проекту (с указанием разделов): Шахлевич Г. М.

7 Дата выдачи задания: 4.09.2008 г.

8 Календарный график работы над проектом на весь период проектирования (с указанием сроков выполнения и трудоемкости отдельных этапов):

- | | |
|-------------------------------|---------------|
| 8.1 Пункты 4.1...4.3 | 18.09.2008 г. |
| 8.2 Пункты 4.4, 4.6, 5.1 | 5.10.2008 г. |
| 8.3 Пункты 4.7...4.10 | 20.10.2008 г. |
| 8.4 Пункты 4.10...4.11 | 04.11.2008 г. |
| 8.5 Пункты 5.2...5.4 | 20.12.2008 г. |
| 8.6 Сдача проекта на проверку | 20.12.2008 г. |

Руководитель _____

(подпись)

Задание принял к исполнению _____

(дата и подпись студента)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)

Пример оформления титульного листа курсового проекта

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**

Факультет компьютерного проектирования

Кафедра электронной техники и технологии

К защите допустить

_____ Г. М. Шахлевич

«___» _____ 2008 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовому проекту
НА ТЕМУ

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ
РЫЧАГА И КОНСТРУКЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ**

Выполнил ст. гр. 411101

(А. П. Иванов)

Принял

(Г. М. Шахлевич)

МИНСК 2008

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

Основные признаки технологической классификации деталей

Таблица В.1 – Размерная характеристика тел вращения

Размерная характеристика				Номер признака	
				1	
Код	Наибольший наружный диаметр, мм	Код	Длина, мм	Код	Диаметр центрального отверстия, мм
1	До 4 вкл.	1	До 0,2 вкл	1	До 3 вкл.
2	4...6	2	0,2...0,5	2	3...10
3	6...10	3	0,5...0,8	3	10...16
4	10...6	4	0,8...1,6	4	16...20
5	16...25	5	1,6...2,5	5	20...25
6	25...32	6	2,5... 6	6	25...35
7	32...40	7	6...10	7	35...50
8	40...60	8	10... 25	8	50...60
9	60...80	9	25...45	9	60...80
А	80...100	А	45...56	А	80...100
Б	100...120	Б	56...75	Б	100...125
В	120...150	В	75...95	В	125...160
Г	150...180	Г	95...120	Г	160...200
Д	180...200	Д	120...150	Д	200...250
Е	200...220	Е	150...200	Е	250...320
Ж	220...320	Ж	200...250	Ж	320...400
И	320...400	И	250...300	И	400...500
К	400...630	К	300...350	К	500...800
Л	630...800	Л	350...500	Л	Св. 800
М	800...1000	М	500...710		

Таблица В.2 – Размерная характеристика для корпусов

Размерная характеристика				Номер признака	
				2	
Код	Ширина, мм	Код	Длина, мм	Код	Высота, мм
1	До 16 вкл.	1	До 25 вкл.	1	До 16 вкл.
2	16...40	2	25...45	2	16...40
3	40...75	3	45...75	3	40...75
4	75...95	4	75...120	4	75...110
5	95...20	5	120...180	5	110...140
6	120...150	6	180...300	6	140...200
7	150...180	7	300...360	7	200...250
8	180...220	8	360...450	8	250...300
9	220...300	9	450...600	9	300...340
А	300...380	А	600...750	А	340...400
Б	380...480	Б	750...850	Б	400...480
В	480 – 560	В	850...950	В	480...560
Г	560...750	Г	950...1180	Г	560...670
Д	750...950	Д	1180...1500	Д	670...750

Продолжение приложения В

Таблица В.3 – Размерная характеристика для плоских деталей

Размерная характеристика				Номер признака	
				3	
Код	Ширина или наибольший наружный диаметр, мм	Код	Длина, мм	Код	Толщина листа, полосы, ленты, стенки трубы или диаметр прутка, проволоки, мм
1	До 5 вкл.	1	До 6 вкл.	1	До 0,5 вкл.
2	5...10	2	6...10	2	0,5...0,8
3	10...12	3	10...20	3	0,8... 1
4	12...16	4	20...32	4	1...1,2
5	16...20	5	32...45	5	1,2...1,6
6	20...25	6	45...75	6	1,6...2
7	25...30	7	75...120	7	2... 2,5
8	30...40	8	120...180	8	2,5...3
9	40...50	9	180...250	9	3...4
А	50...60	А	250...360	А	4...5
Б	60...75	Б	360...500	Б	5...6
В	75...100	В	500...750	В	6...8
Г	100...150	Г	750...1000	Г	8...10
Д	150...220	Д	1000...1400	Д	10...14
Е	220...250	Е	1400...2000	Е	14...16
Ж	250...320	Ж	2000...2800	Ж	16...25

Таблица В.4 – Коды материалов

Обозначение стандарта	Наименование и марка материала	Код
1	2	3
	МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ	
ГОСТ 380-71** ГОСТ 492-73^	Стали углеродистые обыкновенного качества Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые, обрабатываемые давлением: никель и сплавы никелевые – все марки кроме медно-никелевых; сплавы медно-никелевые – все марки, кроме константана, манганина	01,02,03 53 44
ГОСТ 493-79	Бронзы безоловянные – все марки	23
ГОСТ 613-79	Бронзы оловянные – все марки	43
ГОСТ 803-81*	Сталь качественная и высококачественная	43
ГОСТ 859-78*	Медь – все марки	01, 10
ГОСТ 1050-74**	Сталь углеродистая качественная конструкционная	41
ГОСТ 1414-75*Е	Сталь конструкционная повышенной и высокой обрабатываемости – все марки	02...04,01
ГОСТ 1435-74*	Сталь инструментальная углеродистая	11
ГОСТ 2685-75*	Сплавы алюминиевые литейные – все марки	08
		46

Продолжение приложения В

1	2	3
ГОСТ 2856-79*	Сплавы магниевые литейные – все марки	48
ГОСТ 3822-79*	Проволока биметаллическая сталемедная – все марки	59
ГОСТ 3836-83	Сталь электротехническая нелегированная тонколистовая и ленты – все марки	27
ГОСТ 4543-71*	Сталь легированная конструкционная	11, 12
ГОСТ 4784-74*	Алюминий и сплавы алюм. деформированные – все марки	45, 46
ГОСТ 5017-74*	Бронзы оловянные, обрабатываемые давлением – все марки	43
ГОСТ 5632-72*	Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные – все марки	21
ГОСТ 5905-79*	Хром металлический – все марки	52
ГОСТ 5950-73*	Сталь легированная инструментальная	18
ГОСТ 6835-80	Золото и золотые сплавы – все марки	58
ГОСТ 6836-80	Серебро и серебряные сплавы – все марки	58
ГОСТ 6862-71*	Сталь магнитотвердая для постоянных магнитов – все марки	27
ГОСТ 10533-86*	Термобиметаллы	59
ГОСТ 10702-78*	Сталь легированная для холодного выдавливания и высадки	11, 12
ГОСТ 10885-85	Сталь листовая горячекатаная двухслойная коррозионно-стойкая – все марки	59
ГОСТ 10994-74*	Стали прецизионные: сплавы с высокой магнитной проницаемостью магнитомягкие и магнитотвердые – все марки; сплавы с заданным температурным коэффициентом линейного расширения и с заданными свойствами упругости, сверхпроводящие сплавы – все марки с заданным (высоким) электр. сопротивлением – все марки	27 25 23
ГОСТ 11036-75*	Сталь сортовая электротехн. нелегированная – все марки	27
ГОСТ 11069-74*	Алюминий – все марки	45
ГОСТ 11268-76*	Стали конструкционные легированные – все марки	12
ГОСТ 11269-76*	Сталь толстолистовая и широкополосная универсальная конструкционная легированная высококачественная специального назначения – все марки	12
ГОСТ 13098-67	Родий – все марки	58
ГОСТ 13099-67	Иридий – все марки	58
ГОСТ 13462-79	Палладий и палладиевые сплавы – все марки	58
ГОСТ 13498-79*	Платина и платиновые сплавы – все марки	58
ГОСТ 14959-79*	Стали рессорно-пружинные: углеродистые – все марки легированные – все марки	04 11,12
ГОСТ 15527-70*	Сплавы медно-цинковые (латуни) обр. давлением – все марки	42
ГОСТ 17711-80*	Сплавы медно-цинковые (латуни) литейные – все марки	42
ГОСТ 19241-80	Никель и низколегир. никелевые сплавы, обр. давлением	53
ГОСТ 19265-73*	Стали быстрорежущие	19
ГОСТ 19282-73*	Стали низколегированные толстолистовые и широкополосные универсальные – все марки	11,12
ГОСТ 19807-84*	Титан и сплавы, обрабатываемые давлением – все марки	51

Продолжение приложения В

1	2	3
	НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ	
ГОСТ 1908-82**Е	Бумага конденсаторная – все марки	86
ГОСТ 1931-80**Е	Бумага электроизоляционная– все марки	86
ГОСТ 2214-78*Е	Лакоткань электроизоляционная	87
ГОСТ 2718-74*Е	Гетинакс электротехнический листовой – все марки	70
ГОСТ 2910-74*Е	Текстолит электротехнический листовой – все марки	70
ГОСТ 3514-76**Е	Стекло оптическое бесцветное – все марки	92
ГОСТ 5385-74*	Стержни электротехнические текстолитовые круглые	70
ГОСТ 5689-79*	Массы прессовочные фенольные	75,76
ГОСТ 5980-72*	Пластикат поливинилхлоридный для изоляции и защитных оболочек проводов и кабелей	71
ГОСТ 7134-82*	Слюда конденсаторная	90
ГОСТ 8688-77*	Стекло силикатное полированное	92
ГОСТ 9206-80*Е	Алмазные порошки – все марки	96
ГОСТ 9359-80*	Массы прессов.– карбидно- и меламиноформальдегидные	75,76
ГОСТ 9639-71*	Винипласт листовой – все марки	71
ГОСТ 10007-80*Е	ПТФЭ – все марки	71
ГОСТ 10292-74*Е	Стеклолист конструкционный – все марки	70
ГОСТ 10316-78*Е	Гетинакс и стеклотекстолит фольгированные – все марки	70
ГОСТ 10354-82*	Пленка полиэтиленовая – все марки	71
ГОСТ 10589-87	Полиамид 610 литьевой	71
ГОСТ 12099-75*	Сополимер ВА-15 винилхлорида с винилацетатом	71
ГОСТ 12652-74*Е	Стеклотекстолит электротехнический листовой – все марки	70
ГОСТ 13744-87	ПТФХЭ	71
ГОСТ 13927-80*	Материалы пьезокерамические	92
ГОСТ 15130-86	Стекло кварцевое – все марки	92
ГОСТ 15809-70*Е	Стекло органическое конструкционное – все марки	71
ГОСТ 16337-77*Е	Полиэтилен высокого давления	71
ГОСТ 17648-83*Е	Полиамиды стеклонаполненные	73
ГОСТ 20282-86Е	Политирол общего назначения	71
ГОСТ 20437-75*Е	Материал прессовочный АГ-4	76

Таблица В.5 – Кодирование по технологическому признаку

Вид детали по технологическому методу изготовления		Номер признака
		5
Код	Вид детали по технологическому методу изготовления	
1	Изготавливаемая литьем	
2	Изготавливаемая ковкой и объемной штамповкой	
3	Изготавливаемая листовой штамповкой	
4	Обрабатываемая резанием	
5	Термически обрабатываемая	
6	Изготавливаемая формованием из полимерных материалов, керамики, стекла и резины	
7	С покрытием	
8	Обрабатываемая электрофизикохимически	
9	Изготавливаемая порошковой металлургией	

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

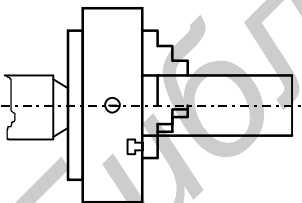
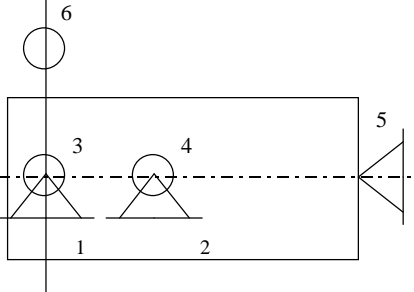

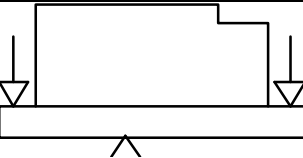
(обязательное)

Обозначение опорных зажимов и установочных устройств

Таблица Г.1 – Схема обозначения опорных зажимов и установочных устройств

Наименование	Обозначение (вид спереди)	Наименование	Обозначение (вид спереди)
Опоры:		Установочные устройства	
неподвижная		Центр:	
подвижная		неподвижный	
плавающая		вращающийся	
регулируемая		плавающий	
Зажимы:		Оправка:	
одиночный		цилиндрическая	
двойной		шариковая (роликовая)	
		Патрон поводковый	

Таблица Г.2 – Примеры схем базирования деталей

Схема установки	Схема базирования
В патроне	
	
Прихватами	
	

Учебное издание

Достанко Анатолий Павлович
Бондарик Василий Михайлович
Бордусов Сергей Валентинович
Костюкевич Анатолий Александрович
Шахлевич Григорий Михайлович

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

к курсовому проектированию

по дисциплинам

«Технология обработки материалов»,

«Технология деталей РЭС»

для студентов специальностей

1-36 04 01 «Электронно-оптические системы и технологии»,

1-39 02 02 «Проектирование и производство РЭС»

всех форм обучения

Редактор Н. В. Гриневич
Корректор Е. Н. Батурчик

Подписано в печать 9.01.2009.
Гарнитура «Таймс».
Уч.-изд. л. 6,5.

Формат 60×84 1/16.
Печать ризографическая.
Тираж 150 экз.

Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 6,86.
Заказ 243.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ №02330/0056964 от 01.04.2004. ЛП №02330/0131666 от 30.04.2004.
220013, Минск, П. Бровки, 6