

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра проектирования и технологии радиоэлектронных средств

**М. М.ФИЛЯК, М.Д. АДЖИЕВА**

# **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ДИПЛОМНОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом  
государственного образовательного учреждения высшего профессионального  
образования «Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2008

УДК 621,396 (076,5)

ББК 32.844 я73

Ф 57

Рецензент

кандидат технических наук, доцент В.В. Денисов

**Филяк, М.М., Аджиева, М.Д.**

**Ф 57**

**Проектирование и технология радиоэлектронных средств:  
методические указания к дипломному проектированию/  
М.М. Филяк, М.Д. Аджиева - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2008.- 35 с.**

Излагаются требования и правила выполнения выпускных квалификационных работ (дипломных проектов и работ) по разработке (проектированию и технологии) РЭС для студентов специальности 210201. Даются указания по структуре и содержанию пояснительной записки и графического материала проекта. Приводятся основные правила оформления и представления пояснительной записки, излагаются основные требования по заполнению конструкторских и технологических документов.

ББК 32.844 я73

© Филяк М.М., 2008

© ГОУ ОГУ, 2008

## Содержание

Введение.....	4
1 Виды и общие требования к ВКР.....	6
2 Требования к выпускной квалификационной работе.....	8
2.1 Требования к содержанию, объему и структуре ВКР .....	8
2.2 Требования к содержанию пояснительной записки.....	9
3 Рекомендуемая тематика ВКР.....	11
3.1 Тематика выпускных квалификационных работ.....	11
3.2 Правила оформления графических документов.....	12
3.3 Правила оформления спецификаций.....	13
Заключение.....	16
Список рекомендуемых источников .....	17
Приложение А.....	18
Требования к оформлению технологических документов.....	18
Приложение Б.....	31
Примеры оформления графических документов.....	31

## **Введение**

Завершающим этапом обучения студентов является дипломное проектирование и защита дипломного проекта (работы).

Дипломное проектирование позволяет определить уровень профессиональной подготовки выпускника, степень его подготовленности к самостоятельной работе на предприятиях и должностях соответствующего профиля. Поэтому дипломный проект должен соответствовать современному уровню развития радиоэлектронных средств, отвечать требованиям новейших информационных технологий, а автор проекта (работы) – обладать глубоким знанием предмета и умением самостоятельно решать задачи проектно-конструкторского, технологического, а также методологического характера.

Повсеместное использование современной вычислительной техники и новейших пакетов прикладных программ требует от студентов-дипломников навыков по использованию вычислительных средств и ориентации в программных продуктах, соответствующих специфике работы, а также при подготовке пояснительной записки и иллюстративного материала и презентаций.

Методические указания содержат правила выполнения выпускных квалификационных работ (дипломных проектов и работ) по разработке (проектированию и технологии) РЭС. Даются указания по структуре и содержанию пояснительной записки и графического материала проекта. Приводятся основные правила оформления и представления пояснительной записки, излагаются основные требования по заполнению конструкторских и технологических документов.

## **1 Виды и общие требования к ВКР**

Выпускная квалификационная работа инженера (дипломная работа или проект) должна представлять собой законченную научно-исследовательскую, проектную или технологическую разработку, связанную с решением актуальных задач, определяемых особенностями подготовки по специальности «Проектирование и технология радиоэлектронных средств» направления «Проектирование и технология электронных средств».

Выпускная квалификационная работа (ВКР) является завершающим этапом обучения студента в высшем учебном заведении и имеет своей целью систематизацию, расширение и закрепление теоретических знаний, практических навыков студента, приобретение опыта самостоятельного решения инженерных задач.

ВКР является выпускной работой студента, на основе которой Государственная аттестационная комиссия решает вопрос о присвоении ему квалификации инженера.

Тема ВКР с указанием руководителя определяется кафедрой во время прохождения студентом преддипломной практики и оформляется приказом по университету.

К ВКР предъявляются следующие требования: соответствие темы проекта специальности, реальность темы проектирования, актуальность разрабатываемых вопросов, практическая полезность проекта в решении производственных задач.

Исходные данные для выполнения ВКР приводятся в техническом задании, которое составляется руководителем проекта, и рассматривается кафедральной (научно-методической) комиссией по утверждению тем дипломных проектов. Техническое задание на ВКР утверждается заведующим кафедрой. Тема ВКР должна соответствовать профилю специальности и современному развитию науки и техники.

По своему содержанию дипломные проекты могут быть системотехнического, схемотехнического, конструкторского и технологического вида.

**Проекты схемотехнического и конструкторского вида** решают задачи разработки или усовершенствования электрических схем и конструкций радиоэлектронного устройства или входящих в него блоков и сборочных единиц на уровне эскизного или технического проекта с дальнейшей разработкой рабочей документации для его серийного или массового производства.

**В проектах технологического вида** должны решаться задачи разработки прогрессивных автоматизированных технологических процессов, специфичных для аппаратуры и специализированных интегральных микросхем, а также задачи проектирования нестандартного электронного технологического оборудования.

**Дипломные работы**, как правило, носят исследовательский характер. При их выполнении больше внимания должно уделяться теоретическим вопросам и экспериментальным исследованиям. В них могут выполняться теоретические и экспериментальные исследования, связанные с проектированием конструкций, технологии, обеспечением электромагнитной совместимости, качества, надежности и технико-экономических показателей современной аппаратуры. На основе выполненных исследований должны формулироваться конкретные рекомендации по использованию полученных результатов в практике. При выполнении дипломной работы студент должен показать умение решать проблемные вопросы, связанные с проектированием, производством и повышением эксплуатационных характеристик аппаратуры.

К дипломным работам относится разработка программных средств для решения конструкторских и технологических задач.

В течение первой недели дипломного проектирования руководитель вместе со студентом составляют детально разработанный календарный график работы на весь период проектирования с указанием очередности и сроков выполнения отдельных этапов работы. Не реже, чем раз в две недели, студент представляет отчет руководителю о выполненной работе.

За все принятые в дипломном проекте технические решения и за правильность всех вычислений отвечает студент – автор проекта.

Законченный дипломный проект, подписанный студентом и консультантами соответствующих разделов, представляется руководителю проекта на подпись. Затем проект предоставляется нормоконтролеру. Технический нормоконтролер проверяет и подписывает всю документацию проекта. После этого проект с письменным отзывом руководителя и рецензией рецензента представляется на кафедру не позднее трех дней до защиты. Состав рецензентов утверждается кафедрой. При рецензировании комплексных и системных дипломных проектов рецензии составляются на каждого студента и в них оценивается вклад в разработку частей проекта и в проект в целом.

Во время защиты студенты должны активно применять компьютерные презентации, которые могут иллюстрировать методы и результаты исследований, алгоритмы, структурные схемы экспериментальных установок и другие материалы дипломного проекта.

За время, отведенное на доклад (10-15 минут), дипломник должен рассказать о целях работы, главных результатах выполненного проекта, четко сформулировать, что можно отнести к достижениям проекта.

Государственная аттестационная комиссия на основе доклада и ответов на вопросы, качестве оформления проекта, отзывов рецензента и руководителя принимает решение об оценке дипломного проекта и о присвоении квалификации инженера.

## 2 Требования к выпускной квалификационной работе

### 2.1 Требования к содержанию, объему и структуре ВКР

Требования к содержанию, объему и структуре ВКР определяются высшим учебным заведением на основании Положения об итоговой государственной аттестации выпускников высших учебных заведений, утвержденного Министерством образования России, государственного образовательного стандарта по направлению «Проектирование и технология электронных средств» и методических рекомендаций УМО по образованию в области автоматике, электроники, микроэлектроники и радиотехники.

ВКР должна быть представлена в форме рукописи.

Время, отводимое на подготовку квалификационной работы, составляет не менее 16 недель.

В процессе выполнения ВКР должны широко использоваться современные информационные технологии проектирования (САПР ЭЭС):

- проектирования схем;
- выпуска текстовой документации;
- разработки печатных плат;
- разработки конструкторских и технологических документов;
- различных расчетов и видов испытаний.

ВКР состоит из пояснительной записки (ПЗ) и графической документации.

Пояснительная записка ВКР должна содержать следующие структурные элементы:

- титульный лист;
- задание на дипломное проектирование;
- аннотацию (на русском и на английском языках);
- содержание;
- введение;
- основную часть;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

В пояснительную записку вкладывается лист нормоконтроля, отзыв руководителя ВКР и рецензия.

Основная часть ПЗ ВКР, как правило, включает в себя следующие разделы:

а) проектно-пояснительная часть.

В этом разделе рекомендуется провести:

- обзор и анализ известных источников;
- анализ технического задания;
- выбор и обоснование принципиальных проектных решений и методов.

б) проектно-расчетная часть.

В этом разделе рекомендуется привести несколько системотехнических, схемотехнических и конструкторских расчетов из приведенного в п. 2.2.2 перечня;

в) проектно-технологическая часть.

Часть технологической разработки должна относиться ко всему изделию, подлежащему проектированию, а также к конкретным технологическим процессам - изготовлению, сборке, монтажу, контролю и регулировке изделия;

г) экономическая часть.

В этом разделе следует сформулировать требования по технико-экономическому обоснованию проекта:

- оценку технического уровня изделия;
- прогноз потребностей рынка;
- расчет затрат на разработку изделия (инвестиций);
- расчет себестоимости и цены изделия;

д) техника безопасности, гражданская оборона и др.

Объем пояснительной записки должен быть не менее 70 страниц (без приложений), причем объем проектно-расчетной части должен составлять не менее 50 %.

Графическая документация ВКР должна содержать информацию, позволяющую оценить:

- постановку и формализацию задачи, используемые математические методы;
- общий принцип функционирования разрабатываемого устройства;
- конкретные проектные решения, выполненные студентом;
- результаты экспериментов (если предусмотрено их проведение);
- вопросы технологии и эксплуатации.

Графические документы ВКР могут быть представлены в виде:

- схем электрических;
- чертежей конструкторских;
- чертежей технологических;
- плакатов (диаграммы, таблицы, формулы, фотографии и т.д.).

Объем графического материала должен быть не менее семи листов формата А1.

Все материалы, как графические, так и пояснительная записка, должны быть выполнены в строгом соответствии с действующими государственными и отраслевыми стандартами и стандартами университета.

## **2.2 Требования к содержанию пояснительной записки**

2.2.1 В проектно-пояснительной части проекта должны быть рассмотрены вопросы, связанные с анализом известной научно-технической информации, постановкой задачи и выбором проектных решений.



Работа начинается с анализа технического задания на ВКР. Студент должен определить конкретный раздел научно-технической литературы, относящийся к теме проекта. Если задано проектирование блока или устройства, то по заданию руководителя проекта может быть выполнен анализ и обзор патентных источников.

Следует отметить, что данный подраздел не должен иметь слишком большой объем в ущерб основным разделам проектно-расчетной части. Недопустимо прямое переписывание сведений о технических характеристиках, составе и принципах действия устройств и блоков, аналогичных проектируемым объектам. Студент должен провести анализ технического задания, выбор, обоснование выбора и составление схем функциональных и электрических принципиальных, на основе которых формулируются основные направления схемотехнических и конструкторско-технологических решений для проектируемого изделия.

Студент должен кратко охарактеризовать известные технические решения и показать, почему за базу выбрано то или иное решение.

2.2.2 Проектно-расчетная часть проекта должна включать сравнительный анализ вариантов конструкции по ряду критериев качества и обоснование выбора оптимального варианта.

Возможны следующие виды конструкторских расчетов:

- расчет компоновки изделия (размеры печатной платы, заполнение площади и объема изделия, варианты общей компоновки);
- расчет надежности изделия;
- тепловой расчет изделия;
- расчет паразитных связей;
- конструктивный расчет радиоэлемента;
- расчет допусков на компоненты;
- расчет на механическую прочность (включая ударопрочность и виброустойчивость);
- расчет на стойкость к атмосферным воздействиям (учитывая атмосферные агрессивные компоненты) и др.

2.2.3 Задание к проектно-технологической части может быть сформулировано следующим образом:

- выбор и обоснование методов изготовления изделия и его составных частей;
- разработка технологического процесса изготовления и описание основных операций, составление схемы техпроцесса, схемы сборки;
- разработка нестандартного оборудования, оснастки и приспособлений;
- разработка методики и средств контроля технологических операций или выходного контроля качества выполнения этих операций;
- разработка производственных модулей, участков, цехов и т.д.

Из этого перечня в задании отражаются в обязательном порядке первые два пункта и один из трех последних.

Расчетная часть, относящаяся к технологической разработке, должна содержать анализ и расчет технологичности изделия и один или два расчета из приведенного ниже перечня:

- расчет параметров (режимов) технологических операций;
- расчет технологической точности операции;
- расчет производственных мощностей участков, цехов.

В заключении технологической части задания указываются процессы, на которые должны быть составлены технологические документы. Технологические документы помещают в приложение к пояснительной записке.

### **3 Рекомендуемая тематика ВКР**

При выполнении ВКР по специальности 210201 объектом проектирования могут являться любые РЭС и/или/ их части, выполняющие достаточно сложные функции. Дипломник проектирует схемы и конструкции РЭС и/или/ его части, а также технологические процессы их изготовления.

#### **3.1 Тематика выпускных квалификационных работ**

- расчет и конструирование основных подсистем, устройств и узлов, входящих в состав современных радиоэлектронных средств (РЭС);
- создание РЭС с применением микропроцессорных систем;
- разработка микропроцессорных управляющих и информационно-измерительных систем различного назначения;
- разработка узлов и блоков РЭС медицинского назначения:
- разработка узлов и блоков РЭС рентгеновского диапазона излучения;
- разработка антенно-фидерных устройств (АФУ) и СВЧ устройств;
- разработка узлов и блоков радиопередающих устройств;
- разработка узлов и блоков радиоприемных устройств;
- создание средств отладки аппаратно-программных РЭС;
- разработка методов и средств тестирования, отладки и испытаний аппаратно-программных РЭС;
- разработка средств испытаний аппаратно-программных РЭС;
- проектирование методов обеспечения надёжности и информационной безопасности аппаратно-программных РЭС;
- разработка прогрессивных методов использования РЭС для решения задач науки и практики (АСНИ, АСОИ, информационно-измерительных и управляющих устройств);
- разработка и анализ алгоритмов, моделей, архитектур и структур аппаратно-программных РЭС;
- разработка пользовательских интерфейсов;
- разработка аппаратно-программных интерфейсов;
- моделирование и исследование аппаратно-программных РЭС;

-создание математических моделей РЭС;

Примеры дипломных проектов:

«Система контроля состояния необслуживаемых узлов связи»; «Информационно-измерительная система дистанционного контроля над телевизионным эфиром»; «Проектирование радиосистемы охранно-пожарной сигнализации с детальной разработкой двухчастотной микрополосковой фазированной антенной решетки»; «Проектирование микрополосковой фазированной антенной решетки спутниковой системы навигации и контроля»; «Разработка радиопереговорного устройства для кабинета компьютерной томографии»; «Проектирование блока адаптивных фильтров системы радиосвязи и управления воздушным транспортом»; «Проектирование блока автоматики системы слежения наземной антенны спутниковой связи».

## **3.2 Правила оформления графических документов**

### **3.2.1 Правила оформления электрических схем**

На схемах электрических структурных (Э1) показывают все функциональные части изделия и основные взаимосвязи между ними. Функциональные части можно изображать условно в соответствии с ГОСТ 2.701-84 или в виде прямоугольников. В последнем случае внутри прямоугольника приводят наименование данной структурной части. Линии связи рекомендуется обозначать стрелками, показывающими направление хода процесса, передачи информации, перемещения сигналов и т.д. При значительном числе функциональных частей рекомендуется взамен их обозначений, наименований и типов вводить порядковые номера, проставляя их слева направо и сверху вниз. В этом случае расшифровку номеров производят в таблице, помещаемой под основной надписью. Построение структурной схемы поясняется примером схемы электрической структурной ЭВМ (приложение Б, рисунок Б.1).

На схеме электрической функциональной (Э2) показывают функциональные части изделия, участвующие в процессе, иллюстрируемом схемой, и связи между этими частями. Функциональные части изображают, как правило, в виде условных графических обозначений, однако допускается применение прямоугольников. На схеме Э2 должны быть указаны: для каждой функциональной группы – наименование; для каждого устройства, изображаемого прямоугольником, - наименование, обозначение и тип; для каждого устройства, изображаемого в виде условного графического обозначения, - обозначение или тип; для каждого элемента - позиционное обозначение, присвоенное ему на принципиальной схеме, или тип. Наименования, обозначения и типы рекомендуется вписывать в прямоугольники. Допускается на схеме помещать поясняющие надписи, диаграммы или таблицы, определяющие последовательность прохождения сигналов во времени (эпюры токов, потенциалов), а также указывать параметры в характерных точках (приложение Б, рисунок Б.2).

На схеме электрической принципиальной (ЭЗ) указывают все элементы изделия (или его отдельного блока, узла) и связи между ними, а также элементы, которыми заканчиваются входные и выходные цепи. Элементы на схеме изображаются в виде условных графических обозначений согласно ГОСТ 2.728-74, ГОСТ 2.730-73, ГОСТ 2-743-82. Расстояние между двумя соседними линиями условных графических обозначений должно быть не менее 1 мм.

Каждый элемент, входящий в схему, нумеруется в последовательности слева направо и сверху вниз (приложение Б, рисунок Б.3). Составляется перечень элементов.

### 3.2.2 Правила оформления чертежей деталей и сборочных чертежей

В общем случае на каждую деталь и сборочную единицу выполняют отдельный рабочий чертеж с основной надписью и дополнительными графами по ГОСТ 2.109-73.

Деталь обычно изображается полностью законченной. Необходимое количество изображений зависит от сложности формы детали.

На чертеже детали должны быть даны:

- размеры с предельными отклонениями;
- указания о шероховатости поверхности, покрытиях, обработке.

Предельные отклонения от размеров и обозначения шероховатостей поверхностей наносятся в соответствии с ГОСТ 2.307-68, 2.309-73.

Сборочный чертеж по ГОСТ 2.109-73, отображающий взаимное расположение и связи основных частей сборочной единицы, обеспечивает наглядность по ее сборке и контролю. Сборочный чертеж должен содержать:

- количество изображений, необходимое для полной сборки изделия;
- габаритные размеры;
- установочные и присоединительные размеры;
- технические требования по сборке, с указанием вида сборки и применяемых материалов.

## 3.3 Правила оформления спецификаций

3.3.1. Спецификацию составляют на отдельных листах на каждую сборочную единицу, комплекс и комплект в соответствии с ГОСТ 2.106 - 96.

В спецификацию вносят составные части, входящие в специфицируемое изделие, а также конструкторские документы, относящиеся к этому изделию по классифицируемым составляющим частям.

3.3.2. Спецификации в общем случае состоят из разделов, которые располагают в следующем порядке:

- документация;
- комплексы;
- сборочные единицы;
- детали;
- стандартные изделия;

- прочие изделия;
- материалы;
- комплекты.

Наличие тех или иных разделов определяется составом специфицируемого изделия. Наименование каждого раздела указывают в графе «Наименование» и подчеркивают (приложение Б, рисунок Б.4).

3.3.3. В раздел «Документация» вносят документы, составляющие основной комплект конструкторских документов специфицируемого изделия, кроме его спецификации. В пределах раздела «Документация» обозначения записываются в последовательности, обусловленной ГОСТ 2.102 - 68, а именно:

- сборочный чертеж – СБ;
- чертеж общего вида – ВО;
- теоретический чертеж – ТЧ;
- габаритный чертеж – ГЧ;
- электромонтажный чертеж – МЭ;
- схемы по ГОСТ 2.701-84;
- ведомость спецификации – ВС;
- пояснительная записка – ПЗ;
- технические условия – ТУ;
- программы – ПМ;
- таблицы – ТБ;
- документы прочие - Д.

3.3.4 В разделы «Комплексы», «Сборочные единицы» и «Детали» вносят соответственно комплексы, сборочные единицы и детали, непосредственно входящие в специфицируемое изделие. Запись указанных изделий производят в алфавитном порядке, сочетания начальных букв (знаков) индексов организаций-разработчиков и далее в порядке возрастания цифр, входящих в обозначение.

При наличии в индексах записываемых изделий цифры запись производится в следующей последовательности: сочетание АБВГ - в алфавитном порядке букв, а в пределах каждого сочетания - в порядке возрастания цифры.

3.3.5 В разделе «Стандартные изделия» записывают изделия, применяемые по стандартам - государственным, отраслевым и стандартам предприятий.

В пределах каждой категории стандартов стандартные изделия записывают по однородным группам в следующей последовательности:

- крепежные детали;
- радиодетали (конденсаторы, резисторы, трансформаторы);
- полупроводниковые приборы (диоды, транзисторы, тиристоры);
- микросхемы;
- соединительные и установочные изделия (вилки, вставки, гнезда, колодки, розетки, штепсели, держатели, предохранители, колпачки, ручки и пр.);
- другие группы (ГОСТ 2.106-96).

3.3.6 В раздел «Прочие изделия» вносят изделия, применяемые не по основным конструкторским документам (по техническим условиям). Эти изде-

лия распределяют по однородным функциональным группам, как и стандартные.

3.3.7 Графы спецификации заполняются следующим образом.

В графе «Формат» указывают форматы документов, обозначения которых записывают в графе «Обозначение». Если документ выполнен на нескольких листах различных форматов, то в графах проставляют «звездочку», а в графе «Примечания» перечисляют все форматы. Для деталей, на которые не выпущены чертежи, записывают «БЧ», а вся необходимая информация о данном изделии дается в графе «Наименование». Графа «Формат» заполняется в разделах «Документация», «Сборочные единицы» и «Детали».

Графа «Зона» заполняется при разбивке поля чертежа на зоны (ГОСТ 2.104-2006).

В графе «Обозначение» указывают:

- в разделе «Документация» - обозначения записываемых документов;
- в разделах «Комплексы», «Сборочные единицы», «Детали» и

«Комплекты» - обозначения основных конструкторских документов на записываемые изделия (спецификация или чертеж детали);

- в разделах «Стандартные изделия», «Прочие изделия» и «Материалы» графу «Обозначение» не заполняют.

В графе «Наименование» указывают:

- в разделе «Документация» - только наименование записываемого документа;

- в разделах «Комплексы», «Сборочные единицы», «Детали», «Комплекты» - наименование изделий в соответствии с основной надписью на основных конструкторских документах этих изделий;

- в разделах «Стандартные изделия», «Прочие изделия» записываются наименования и условные обозначения изделий в соответствии с документами, по которым выпускают эти изделия, обязательно с указанием обозначения этих документов;

- в разделе «Материалы» - обозначения материалов и документ, по которому выпущен данный материал;

В графе «Кол» указывают:

- для составных частей изделия, записываемых в спецификацию - количество на одно изделие;

- в разделе «Документация» - графу «Кол» не заполняют.

В графе «Примечания» указывают дополнительные сведения для планирования и организации производства, а также другие сведения.

При записи в спецификацию составных частей, являющихся элементами электрической принципиальной схемы изделия, в графе «Примечания» обязательно указывают обозначения, присвоенные этому элементу в схеме электрической принципиальной. Пример спецификации на интегральную схему приведен в приложении Б, рисунок Б.5.

## **Заключение**

Основной целью дипломного проектирования является систематизация и закрепление теоретических знаний, развитие расчетно-графических навыков и овладение навыками самостоятельного решения задач. Дипломный проект (работа) позволяет проверить умение студента применять полученные знания при решении инженерных и производственных задач, дает возможность проявить свои творческие способности.

Методические указания содержат необходимые материалы по организации, оформлению, защите дипломных проектов (работ), указания по структуре и содержанию пояснительной записки и графического материала проекта. Приводятся основные правила оформления и представления пояснительной записки, излагаются основные требования по заполнению конструкторских и технологических документов. Работа содержит примеры оформления графических документов, образцы маршрутной карты (см. приложения).

Методические указания позволят повысить качество дипломного проектирования, выполнить выпускную квалификационную работу и оформить пояснительную записку с учетом требований СТП 101-00, ЕСКД, ЕСТД.

Проведенное на высоком уровне дипломное проектирование и защита дипломного проекта (работы) является предпосылкой к успешному применению полученных знаний в практической работе и залогом высоких достижений в профессиональной деятельности выпускников.

## Список рекомендуемых источников

- 1 **Сучков, Д.И.** Основы проектирования печатных плат в САПР. P-CAD 4.5, N-CAD 8.5-8.7 и ACCELEDA [Текст] / Д.И. Сучков. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 352 с.
- 2 **Матвеев, Ю.Н.** Автоматизированные и информационные системы научных исследований [Текст]: учебное пособие / Ю.Н. Матвеев, А.Р. Хабаров. - Тверь: ТГТУ, 2006.- 160 с.
- 3 **Нохрин, О.А.** Labview как среда разработки аппаратно-программных комплексов [Текст] / О.А. Нохрин.- Череповец: ЧВИИР, 2006.- 220 с.
- 4 **Ашихмин, А.С.** Программируемые логические интегральные схемы [Текст]: учебное пособие / А.С. Ашихмин.- Рязань: РГРА, 2006.- 360 с.
- 5 Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры [Текст]: учебник для технических ВУЗов / под ред. В.А. Шахнова. - М: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 568 с.
- 6 **Леухин, В.Н.** Основы конструирования и технологии производства РЭС [Текст]: учебное пособие / В.Н. Леухин . – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. – 140 с.
- 7 **Пирогова, Е.В.** Проектирование и технология печатных плат [Текст]: учебник / Е.В. Пирогова. – М.: Форум: Инфра–М. 2005. – 560 с.
- 8 **Баканов, Г.Ф.** Технология электронных средств [Текст]: учебное пособие / Г.Ф. Баканов. - СПб: ЛЭТИ, 2006. – 210 с.
- 9 **Майк Джюд.** Пайка при сборке электронных модулей [Текст] / Джюд Майк – М.: Изд. дом «Технология», 2006.- 414 с.
- 10 Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры [Текст] / под ред. В.А. Шахнова. - М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 528 с.
- 11 **Харрингтон, Д.** Auto CAD 2002 для конструкторов. Искусство проектирования [Текст] / Д. Харрингтон:- Киев: ДиаСофт, 2002.- 720 с.
- 12 **Усанов Д.А.** Основы инженерного творчества и патентоведения [Текст]: учебное пособие / Д.А. Усанов, Н.В. Романова. – Саратов: СГУ, 2006. – 60 с.
- 13 **Билибин, К.И.** Конструкторско–технологическое проектирование электронной аппаратуры. [Текст] / К. И. Билибин, В. И. Власов, Л. В. Журавлев.- М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002.- 528 с.
- 14 **Князев, А.Д.** Конструирование радиоэлектронной и электронно–вычислительной аппаратуры с учётом электромагнитной совместимости [Текст] / А.Д. Князев, Л. Н.Кечиев, Б. В. Петров. – М.: Связь, 1989.- 312 с.
- 15 **Норенков, И.П.** Основы автоматизированного проектирования [Текст] / И.П. Норенков. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.- 336 с.
- 16 **Опадчий, Ю.Ф.** Аналоговая и цифровая электроника [Текст]: учебник для вузов / Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин, А.И. Гуров; под ред. О.П. Глудкина. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002.– 768 с.



## **Приложение А** **(Обязательное)**

### **Требования к оформлению технологических документов**

#### **А.1 Виды технологических документов**

В соответствии с ЕСКД к технологическим документам относятся графические и текстовые документы, которые отдельно или в совокупности определяют технологический процесс изготовления изделий электронной техники (включая контроль), комплектацию деталей, сборочных единиц, материалов, оснастки, вид технологических документов и маршрут прохождения изготавливаемого изделия по службам предприятия.

Применяются следующие виды документов (ГОСТ 3.1102-81):

- маршрутная карта (МК);
- карта эскизов (КЭ);
- технологическая инструкция (ТИ);
- комплектовочная карта (КК);
- ведомость оснастки (ВО);
- ведомость материалов (ВМ);
- ведомость технологических документов (ВТД);
- карта технологического процесса (КТП);
- карта типового технологического процесса (КТТП);
- операционная карта (ОК);
- ведомость операций (ВО).

В комплекте технологических документов на изделие основными являются:

- маршрутная карта;
- карта технологического процесса.

Комплектность технологических документов в зависимости от типа и характера производства устанавливается ГОСТ 3.1119-83. Характер производства выражается группами сложности и уровнем конструктивно-технологической унификации изделий, подлежащих изготовлению.

Технологический процесс по его организации может быть единичным и типовым; тип производства - единичным, мелкосерийным, среднесерийным, крупносерийным и массовым; тип технологического процесса по его детализации - маршрутным, маршрутно-операционным, операционным.

В технологических процессах крупносерийного и массового производства разрабатываются следующие технологические документы:

- маршрутная карта (МК) по формам 1, 2 и 1Б (образцы карт приведены на рисунках А.1, А.2, А.3), в которой технологический процесс описывается по всем операциям различных видов работ в технологической последовательности с указанием данных об оборудовании, оснастке, материальных и трудовых нормативах;

- карта эскизов, в которой приводятся эскизы, схемы и таблицы, необходимые для выполнения технологического процесса, операции или перехода;
- комплектовочная карта - технологический документ, содержащий данные о деталях, сборочных единицах и материалах, входящих в комплект собираемого изделия;
- технологическая инструкция, в которой содержится описание приемов работы или технологического процесса (включая контроль и перемещение), правила эксплуатации средств технологического оснащения, описание физических и химических явлений, возникающих при отдельных операциях;
- ведомость оснастки, в которой содержится перечень технологической оснастки, необходимой для выполнения данного технологического процесса (операции);
- ведомость материалов - технологический документ, содержащий данные о заготовках, нормах расхода материала, маршруте прохождения изготавливаемого изделия и его составных частей;
- ведомость технологических документов, определяющих состав и комплектность технологических документов, необходимых для изготовления изделия;
- операционная карта изготовления детали, в которой содержится описание технологической операции с указанием переходов, режимов обработки, данных о технологическом оборудовании, технологической оснастке и режимах обработки;
- карта технологического процесса (КТП)- технологический документ, содержащий описание технологического процесса изготовления изделия (включая контроль и перемещение) по всем операциям одного вида работ, выполняемых в одном цехе в технологической последовательности с указанием данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых нормативах. Следует отметить, что для отдельных видов работ (механическая обработка резанием, холодная штамповка и т.д.), связанных с технологическим маршрутом изготовления изделий, допускается соответствующую карту технологического процесса разрабатывать с указанием всех видов работ, выполняемых на различных участках, в разных цехах. Если технологический процесс полностью охватывает весь маршрут данного изделия, то КТП полностью заменяет МК, и последняя не разрабатывается;
- карта типового технологического процесса содержит описание типового технологического процесса изготовления группы деталей в определенной технологической последовательности с указанием операций и переходов, а также соответствующих данных о средствах технологического оснащения и материальных нормативах;
- операционная карта технологического контроля (ГОСТ 3.1502-85) содержит описание операций технического контроля изделия с указанием переходов, применяемых приспособлений, инструмента, процента контроля и особые указания по контролю.





ДУБЛ.		ВЗАИМ.		ПОДП.																	
А	Цек	Уч	РМ	Опер.	Код, наименование операции		Обозначение документа										Тип	Тол.			
Б	Код наименования оборудования		Код наименования операции		СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	ЕВ	ОПП	ЕП	ЕИ	Н.рек				
К-М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Обозначение, код																
01																					
02																					
03																					
04																					
05																					
06																					
07																					
08																					
09																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
МК																			113-04		

Рисунок А.3– Образец маршрутной карты (форма 16)

## А.2 Общие требования к оформлению технологических документов

В соответствии с ГОСТ 3.1130-93 технологические документы допускается выполнять рукописным способом с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм.

Цифры и буквы необходимо писать четко, черной тушью. Термины, определения, обозначения, единицы физических величин, используемые в документах, должны соответствовать действующим стандартам и рекомендациям.

Операции в технологических документах записываются в форме имен существительных в именительном падеже («высадка», «гибка» и т.д.) или прилагательных («токарная», «фрезерная», «сборочная» и т.д.). В описание содержания операции (перехода) должно быть внесено:

- наименование метода обработки, выраженное глаголом в неопределенной форме (например «точить», «сверлить», «установить» и т.д.);
- наименование обрабатываемой поверхности или детали (например, «торец», «отверстие» и т.д.);
- номер обрабатываемой поверхности, заключенный в круглые скобки, размеры и предельные отклонения обрабатываемой поверхности (например, «развернуть отверстие 3/34,9+0,06»).

Если к операционной карте разрабатывается эскиз (карта эскизов), то на эскизе все размеры обрабатываемых поверхностей условно нумеруются арабскими цифрами. Номер обрабатываемой поверхности обводят кружком диаметром 6-8 мм и соединяют с размерной линией. При этом размеры и предельные отклонения обрабатываемой поверхности в содержании операции (перехода) не указываются (например, «развернуть отверстие 1», «расточить отверстие 2», «фрезеровать поверхность, выдерживая размер»). Нумерацию следует производить в направлении хода часовой стрелки.

В содержании операции (перехода) указывается количество одновременно обрабатываемых поверхностей (например, «сверлить 5 отверстий ф3»). Если одновременно обрабатывается несколько поверхностей, то в тексте перечисляются все поверхности.

Операции о переходе нумеруются арабскими цифрами в определенной технологической последовательности. Между операциями и переходами рекомендуется оставлять одну или две свободные строки (и свободные номера) для внесения изменений и дополнений.

Содержание операций (перехода) должно быть сформулировано кратко и с предельной ясностью. Построение фразы при формулировке перехода должно обращать внимание исполнителя работ в первую очередь на главный предмет и действие, посредством которых достигается главная цель. Например, правильной будет формулировка одного из переходов процесса сборки в следующем виде: «установить диод поз. 5».

Записи результатов следует делать на каждой строке в один ряд в нижней части поля строки, и при этом записи не должны сливаться с линиями бланка.

Если в графе «Наименование» делается запись на нескольких строках, то записи, размещенные на одной строке в соседних графах, следует писать на уровне первой строки. Графы, в которых помещается информация, обрабатываемая средствами вычислительной техники, обводятся линией толщиной 2 мм (ГОСТ 2.303-68).

Наименование и обозначение изделия или его составных частей в технологических документах должны записываться в полном соответствии с наименованием и обозначением его в конструкторском документе. В технологическом документе допускается ссылаться на другие технологические и конструкторские документы, указывая обозначение документа без наименования.

Титульный лист, являющийся первым листом комплекта документов, оформляют на листах формата А3 и А4 по формам 1 и 2 (рисунки А.1, А.2). Если комплект технологических документов сброшюрован в несколько альбомов, то титульный лист следует оформлять на каждый альбом в отдельности.

### **А.3 Требования к оформлению технологических документов общего назначения**

Технологические документы общего назначения (МК, КЭ, ТИ, КК, ВО, ВМ, ВТП) оформляются в соответствии с ГОСТ 3.1105-84. МК следует составлять в зависимости от типа и характера производства по формам 1 и 1Б, 2 и 1Б и др. (рисунки А.1, А.2, А.3).

В графе Б («Оборудование») записывают для каждой операции наименование станков и их обозначения. В графе Г («Приспособления и инструмент») записывают краткие наименования и обозначения по ГОСТу или ОСТу.

В учебных технологических документах допускается не заполнять некоторые графы, которые используются в производственных условиях: дополнительные графы для архивного учета по ГОСТ 2.104-2006, а также некоторые графы основной надписи технологических документов («Внесение изменения», «Обозначение по заготовке», «Профессия», «Тарифная сетка»).

Основные надписи технологических документов заполняются в соответствии с ГОСТ 3.1103-82.

В графе 1 (см. рисунки А.1, А.2) записывается наименование предприятия (организации) - разработчика технологических документов; в графе 2 - наименование технологического документа по ГОСТ 3.1102-81; в графе 3 - обозначение детали (сборочной единицы) по конструкторскому документу; в графе 4 - наименование деталей, сборочной единицы; в графе 5 - обозначение технологического документа по ГОСТ 3.1201-85; в графе 6 - литера, присвоенная технологическому документу; в графе 7 - обозначение комплекта технологических документов, в который входит данная карта.

В соответствии с ГОСТ 3.1201-85 устанавливается многоаспектная классификационная система обозначения технологических документов, имеющая следующую структуру:

XX . XX . XX

- вид техпроцесса по методу выполнения;
- вид техпроцесса по его организации;
- код технологического документа.

Код организации-разработчика присваивается по общесоюзному классификатору предприятий и организаций (для ТРТУ - ЦТРК).

После кода организации-разработчика и кода характеристики документа проставляют точку.

Код характеристики документа назначается в соответствии с таблицами А.1-А.3.

Таблица А.1 – Вид технологического документа

Код	Вид технологического документа
01	Комплект технологических документов
10	Маршрутная карта
20	Карта эскизов
25	Технологическая инструкция
30	Комплектовочная карта
40	Ведомость документов
41	Ведомость расцеховки
42	Ведомость оснастки
43	Ведомость материалов
44	Ведомость деталей (сборочных единиц)
50	Карта технологического процесса
60	Операционная карта

Таблица А.2 – Вид технологического процесса по организации

Код	Вид технологического процесса по организации
0	Без указания
1	Единичный процесс (операция)
2	Типовой процесс (операция)
4	Групповой процесс (операция)



Таблица А.3 – Вид технологического процесса по методу выполнения

Код	Вид техпроцесса по методу выполнения
00	Без указания
01	Техпроцесс изготовления изделий
03	Технический контроль
06	Раскрой и обрезка заготовки
10	Литье
30	Холодная штамповка
40	Механическая обработка
50	Термическая обработка
06	Изготовление деталей из пластмасс
70	Нанесение защитного покрытия
71	Нанесение химического, электрохимического покрытия и химическая обработка
75	Электрофизическая обработка
76	Электроискровая и электроимпульсная обработка
79	Ультразвуковая обработка
80	Пайка
88	Слесарные, слесарно-сборочные и электромонтажные работы
89	Обмоточные и пропиточные работы
90	Сварка

Порядковые регистрационные номера документов с 00001-го до 99999-го в пределах каждого кода характеристики документа присваивает отдел стандартизации предприятия-разработчика.

Пример обозначения маршрута карты техпроцесса слесарно-сборочных работ: ЦТРК.10188.00012, где ЦТРК – код организации-разработчика; 10 – вид технологического документа (МК); 1 – вид технологического процесса по его организации (единичный процесс); 88 – вид технологического процесса по методу выполнения – слесарно-сборочные работы; 00012 – порядковый регистрационный номер.

КЭ следует составлять по формам 5 и 5а по ГОСТ 2.301-68. На КЭ следует выполнять эскизы, схемы, таблицы, поясняющие содержание операции (перехода). Допускается на одной КЭ выполнять несколько эскизов с несколькими операциями (переходами). В этом случае основная надпись в графе «Номер операции» должна содержать номера операций, для которых выполнены эскизы.

Эскизы для операций, переходов или контроля должны содержать все необходимые данные. Обрабатываемую деталь на эскизе показывают в рабочем положении и в том состоянии, в котором она находится при выполнении данной операции. На эскизе указывают размеры, предельные

отклонения, шероховатость поверхности, технологические базы, ТУ и другие данные согласно ЕСКД. Обработываемые поверхности обводят линией и нумеруют арабскими цифрами. Номер обозначаемой поверхности обводят кружком диаметром 6-8 мм и соединяют прямой линией с этой поверхностью.

ТИ следует составлять по формам 6 и 6а. Порядок изложения технологической инструкции определяется ее назначением.

ВО следует составлять по формам 9 и 9а. Запись производят в технологической последовательности по маршрутной карте и отдельно по разделам. Внутри каждого раздела сначала указывают специальную оснастку, затем – стандартную.

Ведомость технологических документов заполняют в соответствии с ГОСТ 3.1105-84. Она является обязательным документом при передаче комплектов документов на микрофильмирование или с одного предприятия на другое.

Ведомость составляется на изделие, в общем случае она должна содержать разделы в следующем порядке: «Изделие», «Материалы», «Комплекты».

Наличие тех или иных разделов определяется составом комплекта технологических документов на изделие. Наименование каждого раздела указывается в графах «Технологический документ», «Наименование».

В учебных целях допускается составлять ведомость комплекта технологических документов на изготовление детали без разбивки на разделы.

Наименование видов технологических документов записывается по ГОСТ 3.1102-81 в последовательности, указанной в маршрутной карте или карте технологического процесса, по возрастанию номеров кода обозначения технологического документа и порядкового номера регистрации.

Комплектовочную карту следует составлять по формам 7 и 7а, в которых запись о деталях, сборочных единицах и материалах должна производиться в технологической последовательности выполнения операций. Пример оформления комплектовочной карты приведен на рисунке А.4.

Ведомость материалов (ВМ) составляется по формам 10 и 10а на изделие в целом или на его составные части. Запись в ВМ производится по разделам в следующем порядке: сборочные единицы, детали, материалы, комплекты. Названия разделов определяются составом изделия. В разделы «Сборочные единицы», «Детали», «Комплекты» вносят названия сборочных единиц, деталей, непосредственно входящих в изделие и комплекты к нему. В раздел «Материалы» входят материалы, записанные в спецификациях сборочных единиц, комплектов и в технических требованиях на изделия. Запись указанных изделий и материалов производится по ГОСТ 2.106-96. В конце каждого раздела ВМ следует оставлять несколько свободных строк для дополнительных записей, количество которых устанавливается разработчиком. Пример ВМ приведен на рисунке А.5.





#### **А.4 Требования к оформлению технологических документов на процессы, специализированные по видам работ**

К указанным документам специального назначения относятся технологические документы на технологические процессы, специализированные по отдельным видам работ, например на литье, на ковку и штамповку, механическую обработку, слесарно-сборочные работы и т.п.

Правила оформления указанных документов установлены отдельными стандартами ЕСТД. Технологические документы на ковку и штамповку оформляются в соответствии с ГОСТ 3.1403-85; на механическую обработку – в соответствии с ГОСТ 3.1404-86; на техпроцессы изготовления деталей из пластмасс – в соответствии с ГОСТ 3.1409-86; на процессы сборки и электромонтажные работы – в соответствии с ГОСТ 3.1407-86; на процессы пайки – в соответствии с ГОСТ 3.1704-81; на технический контроль – в соответствии с ГОСТ 3.1502-85. На указанные техпроцессы можно заполнять карты технологических процессов, в которых содержится описание техпроцессов изготовления изделия (включая контроль и перемещение) по всем операциям одного вида работ, выполняемых в одном цехе в установленной технологической последовательности с указанием данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых нормативах.

# Приложение Б

(Обязательное)

## Примеры оформления графических документов

1С.000.ХХХХХХ.АБВГ

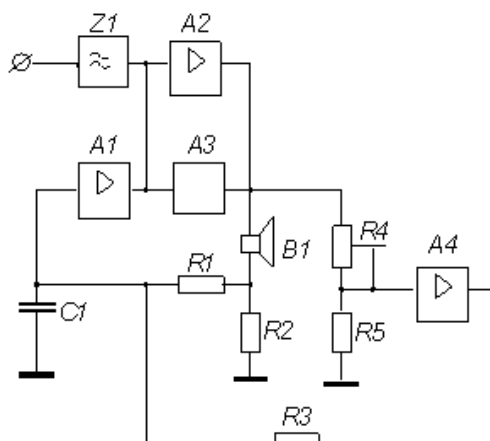
Поз. обозн.	Наименование	Кол	Примечание
A1	Устройство поиска АБВГ.ХХХХХХ.011	1	
E1	Элемент управления АБВГ.ХХХХХХ.015	1	
G1	Генератор образцов АБВГ.ХХХХХХ.002	1	
G2	Генератор сдвига АБВГ.ХХХХХХ.003	1	
G3	Генератор синхронизирующий АБВГ.ХХХХХХ.004	1	
H1	Индикатор захвата АБВГ.ХХХХХХ.008	1	
U1	Смеситель АБВГ.ХХХХХХ.031	1	
U2	Детектор фазовый АБВГ.ХХХХХХ.011	1	
Z1	Фильтр АБВГ.ХХХХХХ.005	1	

					<b>АБВГ.ХХХХХХ.00031</b>		
					Устройство фазовой автоподстройки частоты Схема электрическая структурная		
					Лит	Масса	Масштаб
					1	1	1 : 1
					Лист	Листов	
					1	1	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат.	
Разраб.					
Провер.					
Т. Контр.					
Реценз.					
Н. Контр.					
Утверд.					

Рисунок Б.1– Схема электрическая структурная

АБВГ.ХХХХХХ.01532



Поз. Обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
A1	Усилитель инвертирующий	1	
A2	Усилитель мощности НЧ	1	
A3	Устройство ООС	1	
A4	Усилитель инвертирующий	1	
B1	Микрофон	1	
C1	Конденсатор	1	
R1	Резистор подстроечный	1	
...	и так далее		
Z1	Фильтр высоких частот	1	

					АБВГ.ХХХХХХ.01532				
№	Ис	№ докум.	Дата	Под	Усилитель Схема электрическая	Лист	Масса	Масшт.	
Разраб.									
Прое.									
Т. контр									
						Лист	Листов		

Рисунок Б.2 – Схема электрическая функциональная





Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документация</u>						
A1			АБВГ.ХХХХХХ.000СБ	Сборочный чертеж		
<u>Сборочные единицы</u>						
A3	1		АБВГ.ХХХХХХ.000	Плата	1	
<u>Детали</u>						
A4	2		АБВГ.ХХХХХХ.000	Лепесток	1	
A2	3		АБВГ.ХХХХХХ.000	Корпус	1	
A4	4		АБВГ.ХХХХХХ.000	Крышка	1	
A4	5		АБВГ.ХХХХХХ.000	Угольник	1	
A4	6		АБВГ.ХХХХХХ.000	Штырь	2	
A4	7		АБВГ.ХХХХХХ.000	Ручка	2	
<u>Стандартные изделия</u>						
		8		Винт М3-6г×8.36.016		
				ГОСТ 17475-80	4	
				Винты ГОСТ 1491-80		
		9		М3-6г×8.36.016	12	
		10		М3-6г×10.36.016	1	
		11		М3-6г×12.36.16	1	
		12		Винт М4-6г×16.36.016		
				ГОСТ 10337-80	2	
		13		Гайка М3. 5.016		
				ГОСТ 5916-70	5	
АБВГ.ХХХХХХ.000						
Изм. Лист				Лит.		
Разр. № докум.				Лист		
Подп.				Листов		
Дата						
И. контр.				Блок питания		
УТВ.						

Рисунок Б.4, лист 1 – Спецификация



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A3			АБВГ.ХХХХХХ.016СБ	Сборочный чертёж		
A3			АБВГ.ХХХХХХ.016ГЧ	Габаритный чертёж		
A3			АБВГ.ХХХХХХ.016ЭЗ	Схема электрическая принципиальная		
A4			АБВГ.ХХХХХХ.016ТУ	Технические условия		
A4			АБВГ.ХХХХХХ.016КУ	Карта технического уровня и качества		
A4			АБВГ.ХХХХХХ.016Д1	Справочный лист		
A4			АБВГ.ХХХХХХ.016ПФ	Патентный формуляр		
A4			АБВГ.ХХХХХХ.016ЭТ	Этикетка		
				<u>Сборочные единицы</u>		
A4		1	АБВГ.ХХХХХХ.037	Элемент	1	
				<u>Материалы</u>		
		2		Пресс-материал		
				ЭФП-6 АБВ0.023.056ТУ	1,32	з
				<u>Комплекты</u>		
			АБВГ.ХХХХХХ.005	Упаковка	1/80	

Рисунок Б.5 – Спецификации на интегральную схему