

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

Кафедра микро- и наноэлектроники

## ***МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ***

по дипломному проектированию  
для студентов специальностей I-41 01 02 «Микро- и наноэлектронные  
технологии и системы» и I-41 01 03 «Квантовые информационные системы»  
всех форм обучения

Минск 2007

УДК 621.382.8.049.771(075.8)

ББК 32.844.1 я 73

М 54

Рецензент:

старший преподаватель кафедры электронной техники и технологии БГУИР

Н. С. Собчук

Составители:

Б. С. Колосницын, А. С. Шматин, В. В. Шульгов

**М 54** **Методические** указания по дипломному проектированию для студ. спец. I-41 01 02 «Микро- и нанoeлектронные технологии и системы» и I-41 01 03 «Квантовые информационные системы» всех форм обуч. / сост. Б. С. Колосницын, А. С. Шматин, В. В. Шульгов. – Минск : БГУИР, 2007. – 39 с.

ISBN 978-985-488-159-1

В методических указаниях приводится перечень тем дипломных проектов, отражающих современные научно-технические проблемы. Конкретизируются права и обязанности руководителей и консультантов дипломных проектов и студентов-дипломников, дается краткое содержание обязательных разделов расчетно-пояснительной записки проекта, порядок выполнения и защиты дипломного проекта

Методические указания в соответствии с требованиями регламентируют тематику, объем и содержание дипломных проектов студентов специальностей «Микро- и нанoeлектронные технологии и системы» и «Квантовые информационные системы».

УДК 621.382.8.049.771(075.8)

ББК 32.844.1 я 73

ISBN 978-985-488-159-1

© Колосницын Б. С., Шматин А. С.,  
Шульгов В. В., составление, 2007  
© УО «Белорусский государственный  
университет информатики  
и радиоэлектроники», 2007

## СОДЕРЖАНИЕ

1	Цель и задачи дипломного проектирования .....	4
2	Организация дипломного проектирования .....	4
2.1	Выбор тем дипломных проектов .....	4
2.2	Обязанности руководителя проекта и консультантов по его разделам.....	5
3	Тематика дипломных проектов.....	6
3.1	Общие требования к содержанию и составу проекта .....	6
3.2	Оформление разделов проекта, относящихся к различным направлениям разработки изделия.....	7
3.2.1	Схемотехническое проектирование .....	7
3.2.2	Конструкторское проектирование.....	10
3.2.3	Технологическое проектирование.....	13
3.2.4	Исследовательский (экспериментальный) раздел проекта ....	15
3.2.5	Специальные разделы дипломных проектов.....	17
4	Общие указания по оформлению дипломных проектов .....	18
4.1	Структура и объем пояснительной записки .....	18
4.2	Требования к оформлению пояснительной записки .....	19
5	Порядок выполнения и защиты дипломных проектов .....	26
5.1	Общие положения .....	26
5.2	Особенности представления материала на защите .....	29
	Приложение А.....	31
	Приложение Б .....	32
	Приложение В.....	34
	Приложение Г .....	35
	Приложение Д.....	36
	Приложение Е.....	37

## 1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Дипломное проектирование – важнейший этап обучения в вузе. Целью дипломного проектирования является оценка знаний, умений и навыков студента по специальности для решения вопроса о присвоении соответствующей инженерной квалификации. Заключение о присвоении квалификации делается государственной экзаменационной комиссией (ГЭК) по результатам защиты выпускником квалификационной работы в виде дипломного проекта.

В процессе выполнения дипломного проекта одновременно решаются следующие задачи:

- систематизация, закрепление и углубление теоретических и практических знаний по специальности и применение их для решения конкретных инженерных задач;
- приобретение умений и навыков самостоятельного планирования и выполнения проектно-конструкторских, проектно-технологических или научно-исследовательских работ по специальности;
- приобретение навыков обобщения и анализа результатов ОКР и НИР, выполненных другими разработчиками и исследователями;
- совершенствование умений разработки и оформления технической документации, отражающей принятые технические решения;
- подтверждение подготовленности выпускника к самостоятельной работе в условиях современного производства, проектных и научно-исследовательских организаций.

## 2 ОРГАНИЗАЦИЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

### 2.1 Выбор тем дипломных проектов

Для достижения указанной выше цели и успешного решения перечисленных задач тематика дипломных проектов должна быть актуальной для отрасли, соответствовать современному состоянию и перспективам развития науки, техники и технологии.

Темы проектов и их руководители определяются выпускающей кафедрой и по представлению декана факультета утверждаются ректором. **После издания приказа и выдачи задания на дипломное проектирование темы проектов изменению не подлежат.**

Общий перечень тем дипломных проектов должен ежегодно обновляться и доводиться до сведения студентов в установленном университетом порядке.

Темы дипломных проектов предлагаются преподавателями и научными работниками выпускающих кафедр, а также специалистами предприятий, где планируется работа будущих молодых специалистов. Студентам предоставляется право выбора тем проектов, которые утверждаются до начала преддипломной практики.

Каждый студент может предложить и обосновать свою тему проекта. В случае выбора темы, предложенной преподавателями кафедры или сотрудниками научно-исследовательской части (НИЧ), студент проходит преддипломную практику в одной из лабораторий кафедры или НИЧ.

Дипломный проект выполняется студентом в течение времени, отведенного для дипломного проектирования учебным планом специальности. Время прохождения студентом преддипломной практики также включается в период дипломного проектирования.

## 2.2 Обязанности руководителя проекта и консультантов по его разделам

Руководителями дипломных проектов назначаются лица из профессорско-преподавательского состава университета, как правило, профессора и доценты, а также научные сотрудники и высококвалифицированные специалисты университета, других организаций и предприятий.

Руководитель проекта в соответствии с темой обязан выдать студенту задание на преддипломную практику, в которое желательно включить вопросы, относящиеся к литературному обзору по теме дипломного проекта. Руководитель также составляет задание на дипломное проектирование с указанием срока окончания работы над проектом, которое после утверждения заведующим кафедрой выдается студенту. Позже задание вместе с готовым проектом представляется в ГЭК.

В процессе работы студента над проектом руководитель обязан:

- оказать студенту помощь в составлении календарного плана-графика на весь период выполнения дипломного проекта;
- рекомендовать студенту необходимые литературные, нормативные, справочные и архивные материалы, типовые проекты, каталоги и альбомы технологического оборудования, приспособлений и инструмента, другие источники по теме проекта;
- осуществить подбор консультантов по специальным разделам проекта;
- проводить предусмотренные планом-графиком консультации со студентом, на которых обсуждается и осуществляется контроль расчетных и экспериментальных результатов;
- контролировать ход выполнения работы и нести ответственность за своевременное выполнение этапов в соответствии с планом-графиком вплоть до защиты дипломного проекта;
- составлять отзыв на готовый дипломный проект.

Консультантами по отдельным разделам проекта назначаются профессора, доценты и наиболее опытные преподаватели университета или высококвалифицированные специалисты и научные работники других организаций и предприятий. Консультанты обязаны оказывать помощь студенту, проверять соответствующие разделы (части) выполненной работы и подтверждать их качество и полноту, подписывая титульный лист проекта и соответствующие разделы задания.

### 3 ТЕМАТИКА ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ

#### 3.1 Общие требования к содержанию и составу проекта

В зависимости от приоритета проблем, решаемых в дипломных проектах, кроме литературного обзора по теме проекта в них могут быть разделы (главы) схемотехнического, конструкторского, технологического и исследовательского (экспериментального) характера. Некоторые типы проектов могут содержать сочетания перечисленных выше разделов.

По форме организации работы над проектом и его защиты проекты делятся на индивидуальные и групповые (коллективные). При индивидуальном проектировании каждый студент самостоятельно работает над выполнением задания на дипломное проектирование.

В процессе группового проектирования несколько студентов на добровольных началах объединяются во временный творческий коллектив. Такой коллектив разрабатывает комплекс взаимосвязанных научно-технических или научно-исследовательских задач, объединенных единым замыслом. При этом каждый студент получает индивидуальное задание на проектирование. Из числа наиболее подготовленных студентов, причем его кандидатуру выдвигают сами студенты, во временном творческом коллективе может назначаться ведущий конструктор (технолог). При коллективном проектировании требуется достаточно четкое разделение и организация труда исполнителей. Название темы каждого исполнителя группового дипломного проекта состоит, как правило, из двух частей: общего названия темы и названия подтемы, разрабатываемой в рамках дипломного проекта каждым студентом.

Тематика дипломного проектирования должна соответствовать современному состоянию развития схемотехники, конструирования и технологии микроэлектронных изделий, отвечать по своему содержанию решению задач, изложенных в разд. 1, и позволять студенту:

- проявить качества специалиста, способного самостоятельно осуществлять схемотехническое, конструкторское и технологическое проектирование микроэлектронных устройств и систем, их составных частей;
- ставить и решать задачи, связанные со схемотехникой, конструированием, технологией, производством изделий и необходимыми научными исследованиями;
- применять для решения поставленных задач персональный компьютер, методы автоматизированного проектирования и современный математический аппарат анализа и принятия решений (вероятностно-статистические методы, моделирование, оптимизация и т.д.).

## 3.2 Содержание разделов проекта, относящихся к различным направлениям разработки изделия

### 3.2.1 Схемотехническое проектирование

Комплекс схемотехнических мероприятий, имеющих отношение к проектированию современных микроэлектронных устройств и систем, включает в себя вопросы выбора вариантов схемотехнической реализации аналоговых и цифровых устройств, цифровых и сигнальных микропроцессоров и микроконтроллеров, аналого-цифровых и цифроаналоговых преобразователей, устройств функциональной электроники (линии задержки, ПЗС, ответвители, резонаторы, фильтры, лазерные и оптические устройства, элементы акустоэлектроники и обработки сигналов).

Комплексная схемотехническая разработка проводится в следующей последовательности:

- разработка структурных и/или функциональных схем;
- выбор и обоснование элементной базы;
- разработка электрических принципиальных схем;
- расчет номинальных значений параметров электрорадиоэлементов и выбор соответствующих типономиналов используемых элементов.

Выбор элементной базы проводится с помощью справочной литературы: каталогов интегральных схем и справочников.

Разработка и расчет электрических схем осуществляется на основе законов электротехники, принципов действия электрорадиоэлементов, рекомендаций схемотехнических руководств, справочников и отраслевых стандартов.

Расчет номинальных значений параметров элементов электрических схем осуществляется на основе теории электрических цепей с учетом расчетных соотношений для радиоэлектронных устройств. При этом не следует ограничиваться номинальным значением основного параметра (для резистора – сопротивления, для конденсатора – емкости и т.п.), а необходимо рассчитать допустимое отклонение от номинала, допустимые температурные изменения, предельные эксплуатационные режимы (рассеиваемая мощность на резисторе, напряжение на конденсаторе и т.п.). С учетом полученных в результате расчета данных и требований задания по климатическим и механическим воздействиям проводят выбор типономиналов элементов по соответствующим справочникам. Детализация и объем расчетов зависят от сложности объекта проектирования и подлежат уточнению со стороны руководителя дипломного проекта.

При выполнении расчетов необходимо приводить аналитические выражения, графические зависимости и методики расчетов, корректно ссылаться на них и обязательно сопровождать полученные результаты исчерпывающими пояснениями и выводами.

Для подтверждения выбранных схемотехнических или основных технических решений по функционированию объекта проектирования, а также с целью анализа особенностей (достоинств и ограничений) используемых или фор-

мируемых сигналов выполняют математическое (общесистемное, структурное) или схмотехническое моделирование на основе применения типовых, заимствованных или разработанных (в дипломных работах) математических моделей.

Математическое моделирование сигналов и процессов их формирования и обработки, а также процессов функционирования отдельных узлов и изделия в целом выполняется, как правило, в среде MathCAD или MatLAB, а также с помощью специализированных САПР.

Моделирование сложных объектов, в том числе устройств управления и обработки информации, а также моделирование систем и комплексов, в состав которых входит разрабатываемое студентом устройство, прибор или модуль, проводится в среде MatLAB на основе пакета визуального моделирования Simulink, содержащего все необходимые модели аналоговых, цифровых, гибридных устройств и узлов микроэлектронных систем, а также средства визуализации и анимации процессов, позволяющие построить модель любой сколь угодно сложной электронной и электромеханической системы. Для моделирования сложных систем используются библиотечные модули и заготовки.

Для моделирования и комплексного анализа электрических принципиальных схем используется по усмотрению студента (или требованию руководителя проекта) один или несколько указанных выше специализированных САПР: Electronics Workbench (или Electronics Workbench Multisim), Spectrum MicroCAP, MicroWave Office (или APLAC), OrCAD. Выбор той или иной САПР, как правило, зависит от используемых схемных решений и предъявляемых к объекту проектирования требований (частотных, параметрических, конструктивных, электромагнитных и т.п.), а также с учетом имеющихся технических возможностей.

В качестве тем дипломных проектов схмотехнического профиля могут рассматриваться следующие вопросы:

- конфигурации аналоговых интегральных схем;
- компараторы напряжения;
- операционные усилители;
- усовершенствованные усилители;
- аналоговые мультиплексоры;
- схемы фазовой автоподстройки частоты;
- аналоговые перемножители сигнала;
- широкополосные усилители мощности аналогового сигнала;
- аналоговые схемы на переключаемых конденсаторах;
- программируемые аналоговые интегральные схемы и аналоговые БМК;
- функциональные узлы комбинационного типа;
- функциональные узлы последовательного типа (автоматы с памятью);
- запоминающие устройства;
- арифметические устройства;
- специализированные стенды и специализированные пакеты программ для практической реализации микроэлектронных устройств;
- проектирование вычислительного устройства на ПЛИС;

- расчёт устройства функциональной электроники;
- радиационно- и теплостойкие приборы;
- функциональное моделирование систем и устройств;
- стандартные протоколы обмена данных. Параллельный интерфейс Centronics. Последовательные интерфейсы RS-232, RS-422 и др. Шинные интерфейсы (PCI, ISA и др.).

Задание на дипломное проектирование при схемотехнической разработке устройства, изделия или блока должно касаться той части устройства, которая является объектом проектирования в соответствии с формулировкой темы дипломного проекта либо которая выделена для детальной проработки в случае, если тема сформулирована достаточно широко. Задание на проектирование должно включать:

- название темы проекта;
- назначение и объект установки разрабатываемого устройства, его связь с другими частями изделия или блока, внешней средой и пр.;
- структурную или функциональную схему устройства, электрические показатели с указанием наиболее характерных данных для проектируемого устройства;
- вид источника электрического питания (сеть, генератор, аккумулятор и т.п.), номинальное напряжение, допуск на номинал, коэффициент пульсаций;
- эксплуатационные характеристики: режим и характер работы изделия (непрерывный, циклический и т.д.), требования к устойчивости проектируемого изделия к различным видам воздействий (диапазон рабочих температур, относительная влажность, давление, частотный диапазон и т.д.);
- требования к основным качественным показателям проектируемого изделия (точность и стабильность выходных параметров и др.);
- планируемый годовой объем выпуска проектируемого изделия или указание о типе производства (массовое, крупносерийное и т.д.);
- специальные требования, специфичные для проектируемого изделия и не оговоренные выше.

В схемотехническом разделе проекта основное внимание при проектировании должно быть уделено следующим вопросам:

- анализу исходных данных на проектирование и разработку технического задания на схемотехническое проектирование изделия;
- патентному поиску и обзору по теме проекта;
- выбору и обоснованию схемотехнических решений изделия;
- разработке структурных, функциональных и принципиальных схем, расчёту и оптимизации их параметров;
- разработке математической модели микроэлектронного устройства;
- выбору перспективной элементной базы, пригодной для реализации заданных рабочих характеристик;
- расчёту основных рабочих характеристик элементов и узлов микроэлектронных устройств;

- организации научного эксперимента по отработке и измерению основных параметров микроэлектронных устройств;
- применению системы автоматизированного проектирования в процессе разработки аппаратуры.

В схемотехническом разделе дипломного проекта могут использоваться следующие виды комплексного моделирования:

- расчет по постоянному току (опция DC Operating Point);
- частотный анализ – построение АЧХ и ФЧХ (опция AC Frequency);
- расчет и анализ переходных процессов (опция Transient);
- спектральный анализ – анализ Фурье (опция Fourier);
- анализ спектра внутренних шумов (опция Noise);
- анализ нелинейных и интермодуляционных искажений (опция Distortion);
- анализ режимов по постоянному и переменному току и переходных процессов в моделируемом устройстве при вариации параметров выбранного компонента схемы (опция Parameter Sweep);
- температурные испытания моделируемой схемы (опция Temperature Sweep);
- расчет карты нулей и полюсов передаточной характеристики моделируемой схемы (опция Pole-Zero);
- расчет передаточных функций (опция Transfer Function);
- расчет относительной чувствительности характеристик исследуемой схемы к изменениям параметров выбранного компонента при частотном анализе или при расчете статического режима (опция Sensitivity);
- расчет значений параметров компонентов при частотном анализе или при расчете статического режима при предельных отклонениях выбранных характеристик исследуемой схемы (опция Worst Case);
- статистический анализ по методу Монте-Карло (опция Monte Carlo).

Результаты моделирования (математического, структурного, схемотехнического) должны сопровождаться исчерпывающими пояснениями и выводами.

### 3.2.2 Конструкторское проектирование

В дипломном проекте конструкторского профиля решаются задачи по разработке или модернизации микроэлектронных устройств и систем или функциональных частей (блоков, субблоков и т.п.), входящих в их состав. Разработка или модернизация конструкций выполняется на уровне эскизного или технического проекта с дальнейшим отображением принятых решений в конструкторской документации (чертежах).

В качестве тем дипломных проектов, где разрабатывается конструкция изделия и имеется конструкторский раздел, могут рассматриваться следующие вопросы:

- топология транзисторных структур;
- топология многоканального усилителя;
- топология интегрального приемопередатчика;

- тестовые структуры в полупроводниковых ИС;
- ИС памяти с трехпроводным интерфейсом;
- интегральное устройство контроля микроклимата;
- устройство мультиплексной передачи данных;
- микродисплей для персональных видеопроекторных устройств;
- жидкокристаллическое информационное табло коллективного пользования;
- лазерные устройства отображения графической информации;
- специализированные БИС на основе БМК, микросборки, БГИС и другие микросхемы частного применения;
- блоки измерительных приборов и медицинской аппаратуры, содержащие ИС и микросборки;
- источники вторичного электропитания РЭА;
- РЭА для производства, контроля, испытаний, настройки блоков и устройств;
- устройства управления специальным технологическим оборудованием с применением мини- и микроЭВМ, микропроцессоров;
- вычислительные устройства робототехнических систем, гибких автоматизированных производств и средства их сопряжения с исполнительными механизмами;
- устройства регистрации и считывания графической и алфавитно-цифровой информации в САПР;
- устройства взаимодействия разработчиков в процессе проектирования;
- устройства распознавания графической и символьной информации.

Задание на проектирование при разработке конструкции изделия или блока должно касаться той части устройства, которая является объектом проектирования в соответствии с формулировкой темы дипломного проекта либо которая выделена для детальной конструкторской проработки в случае, если тема сформулирована достаточно широко. Задание на проектирование должно включать:

- название темы проекта;
- назначение и объект установки разрабатываемого изделия, его связь с другими частями устройства, внешней средой и человеком-оператором;
- электрическую схему, электрические показатели с указанием наиболее характерных данных для проектируемого изделия;
- вид источника электрического питания (сеть, генератор, аккумулятор и т.п.), номинальное напряжение, допуск на номинал, коэффициент пульсаций;
- эксплуатационные характеристики: режим и характер работы изделия (непрерывный, циклический и т.д.), требования к устойчивости проектируемого изделия к различным видам воздействий (диапазон рабочих температур, относительная влажность, давление, частотный диапазон и т.д.);
- габариты и масса изделия;
- требования к основным качественным показателям проектируемого изделия (точность и стабильность выходных параметров, надежность, стоимость и др.);

- планируемый годовой объем выпуска проектируемого изделия или указание типа производства (массовое, крупносерийное и т.д.);
- ограничения на технологический процесс, определяемые конкретным предприятием;
- специальные требования, специфичные для проектируемого изделия и не оговоренные выше.

В конструкторском разделе проекта основное внимание при проектировании должно быть уделено следующим вопросам:

- анализу исходных данных на проектирование и разработку технического задания на конструирование изделия;
- патентному поиску и обзору по теме проекта;
- выбору и обоснованию схмотехнических решений изделия;
- выбору, обоснованию и оптимизации конструктивных элементов и материалов конструкции проектируемого изделия;
- выбору, обоснованию и оптимизации конструкторского исполнения изделия в целом;
- обеспечению технико-экономических, эксплуатационных и энергосберегающих показателей, требований безопасности и эргономики;
- технологической проработке изделия или его частей (деталей, сборочных единиц) на основе применения типовых технологических процессов.

Конструкторская проработка проектируемого изделия должна быть достаточно полной и всесторонней. Конструкторское исполнение изделия (форма, компоновочная схема, габариты), используемые пассивные элементы, материалы, способы защиты от воздействующих факторов, эстетическое исполнение и т.д. должны быть выбраны на основе детального рассмотрения хотя бы нескольких альтернативных вариантов. В качестве окончательного варианта должен быть выбран не только тот, который отвечает требованиям задания на проектирование, а лучший (рациональный) с точки зрения важнейших технико-экономических показателей проектируемого устройства, безопасных приемов сборки и монтажа, энергосберегающих и экологических аспектов.

В общем случае основными могут быть следующие конструкторские расчеты:

- электрические расчеты отдельных частей схемы с целью определения мощности тепловых потерь, коэффициентов нагрузки и других параметров, необходимых для дальнейших расчетов;
- расчет пассивных элементов в пленочных и полупроводниковых ИС;
- ориентировочный расчет площади платы в ГИС (БГИС);
- теплового режима;
- расчет паразитных связей и помех в ГИС (БГИС);
- точности и стабильности выходных параметров функционально законченных частей изделия с учетом технологического разброса первичных параметров.

Из-за ограниченности времени дипломного проектирования уделить внимание всем указанным конструкторским расчетам даже в случае несложной

функциональной части не всегда представляется возможным. В этих случаях необходимо остановиться на двух-трех расчетах, важнейших для проектируемого изделия. Конкретное содержание и объем расчетного материала зависят от темы проекта или функциональной части устройства, выбранных для детального рассмотрения, а также от исходных данных для проектирования.

### 3.2.3 Технологическое проектирование

В дипломном проекте технологического профиля предусматривается решение задач, связанных с проектированием рациональных, высокоэффективных, энергосберегающих и экономичных технологических процессов производства микроэлектронных устройств и систем и их составных частей на базе достижений современной науки и техники с использованием средств механизации и автоматизации, гибких автоматизированных производств и использованием современного высокопроизводительного технологического оборудования и соответствующей технологической оснастки.

При выполнении технологического раздела проекта также возможно решение задач по разработке или модернизации современного высокопроизводительного технологического оборудования и технологической оснастки для изготовления микроэлектронных устройств, их сборки, монтажа, контроля, испытаний, технического обслуживания и ремонта. Разработка и модернизация средств технологического оснащения осуществляется на уровне эскизного или технического проекта с последующей реализацией принятых конструкторских и технологических решений в чертежах.

В данном разделе проекта должна найти отражение специфика технологии деталей, элементов, сборочных единиц микроэлектронных устройств и систем, учитывающая влияние технологических факторов на их эксплуатационные свойства, конструктивные и электрические выходные характеристики. При разработке или модернизации технологического оборудования и оснастки задание на проектирование должно быть ориентировано на ту часть станка, установки, приспособления, инструмента, которая является объектом проектирования в соответствии с названием темы проекта либо которая выбрана для детальной конструкторской проработки в случае, если тема имеет более широкое наименование.

В качестве тем дипломных проектов технологического профиля могут рассматриваться следующие вопросы:

- технологические процессы изготовления сборочных единиц и блоков мини- и микроЭВМ, микросборок, БГИС и БИС частного применения;
- процесс осаждения пассивирующего слоя при производстве ИС;
- технологический процесс химической очистки кремниевых пластин;
- формирование системы металлизации ИС;
- газофазное осаждение пленок в производстве СБИС;
- микрокластерная технология очистки поверхности твердого тела;

- высокопроизводительные методы изготовления деталей, сборки, монтажа, наладки, контроля и испытаний блоков и устройств микроэлектронной аппаратуры;

- автоматизация технологических процессов сборки и монтажа в микроэлектронике;

- поверхностный монтаж компонентов;

- станок или установка для формообразования деталей (механическая обработка, литье, штамповка, прессование и т.д.);

- станок (установка) для электроэрозионной или электрохимической обработки;

- станок (установка) для плазменной, лучевой (лазерной, электронно-лучевой), ультразвуковой обработки;

- установка для обработки полупроводниковых материалов (разрезание, шлифование, доводка, полирование, скрайбирование, ломка кристаллов и т.д.);

- установка для фотолитографической обработки (формирование фотослоя, совмещение, экспонирование, проявление фоторезиста и т.д.);

- установка для сборки, монтажа и герметизации полупроводниковых приборов и ИС;

- система приспособлений для автоматизированной обработки заготовок из полупроводниковых материалов;

- автоматизация установки для пайки или сварки в микроэлектронике.

Задание на проектирование должно включать:

- название темы проекта;

- номенклатуру объектов производства;

- годовой объем выпуска изделий;

- комплект конструкторской документации в виде сборочных чертежей, чертежей деталей и схем;

- технологические процессы изготовления деталей, сборки и монтажа изделий;

- описания конструкций объектов производства и технические условия на их изготовление;

- другие сведения в зависимости от специфики изделий и вида производства.

Если в технологическом разделе проекта решаются задачи по разработке или модернизации оборудования, то задание на проектирование должно включать:

- назначение, область применения проектируемого средства технологического оснащения, вид и тип производства;

- изложение технологического процесса обработки, сборки, пайки, склеивания и т.д.;

- технические требования (наименование и назначение составных частей, способ установки обрабатываемых заготовок, собираемых, контролируемых, свариваемых и т.д. деталей и изделий, выполняемые операции, точность, степень механизации и автоматизации, органы управления, их размещение и т.п.);

- техническую характеристику средства технологического оснащения (производительность, предельные размеры обрабатываемых заготовок, собираемых, монтируемых, контролируемых, свариваемых и т.д. изделий);

- размеры рабочей зоны с учетом инструментов, средств технического зрения и других элементов, наибольшие координатные перемещения исполнительных органов, углы наклона инструментов и датчиков, частоты вращения инструментальных головок, скорости перемещения координатных столов и т.д.;

- мощность приводов движений, виды и характеристики источников питания (электроэнергия, генераторы ТВЧ, сжатый воздух, гидросистема и т.д.);

- требования к уровню унификации и стандартизации;

- конструктивные характеристики (ограничения габаритных размеров, формы, массы и др.);

- специальные требования в зависимости от вида и типа производства.

В технологическом разделе проекта также требуется уделить внимание глубокому анализу исходных данных, патентному поиску и обзору по теме, выбору конструкционных материалов для деталей изделия; выбору, обоснованию и рационализации каждого конструкторского решения по созданию или модернизации средства технологического оснащения; обеспечению требований по производительности, точности, технико-экономической эффективности, эксплуатационной надежности, энергосбережению, безопасности труда, технической эстетике и эргономике; конструкторским расчетам на прочность, жесткость, точность, экономичность; технологической проработке самого средства (станка, приспособления и т.д.) и его частей на базе применения типовых техпроцессов.

### 3.2.4 Исследовательский (экспериментальный) раздел проекта

Исследовательский (экспериментальный) раздел дипломного проекта может быть посвящен теоретическим и (или) экспериментальным исследованиям стойкости и устойчивости элементов и устройств к различным видам воздействующих факторов, способам защиты элементов и устройств от воздействия нагрузок различной физической природы, разработке и исследованию методов ускоренной оценки качества и надежности элементов, новых технологических решений и др.

В качестве тем дипломных проектов с обязательным экспериментальным разделом могут рассматриваться следующие вопросы:

- моделирование одноэлектронных структур;

- светоизлучающие структуры на основе кремния;

- моделирование резонансно-туннельных диодов;

- формирование нанопористых пленок оксидов тугоплавких металлов;

- оптические свойства нанокристаллов CdSe;

- моделирование атомно-структурных и электронных свойств соединений;

- физическое моделирование технологии формирования МОП- или СВЧ-биполярного транзистора;

- формирование и исследование анодных оксидов Al-Ti-сплавов;
- исследование методов повышения точности и стабильности микроэлектронных устройств на поверхностных акустических волнах (ПАВ);
- исследование температурной устойчивости цифровых интегральных микросхем;
- прогнозирование работоспособности интегральных микросхем, предназначенных для работы в специфических условиях;
- построение математических моделей микроэлектронных устройств;
- исследование частотных свойств металлизации в ИС;
- исследование технологии изготовления ГИС, БГИС и СБИС;
- исследование процессов сварки и пайки в микроэлектронике;
- разработка методики исследований.

Задание на проектирование должно включать:

- данные об исследуемых объектах (материал, состав, условия получения и т.п.);
- характеристики исследуемых методов, процессов; уровни и продолжительность воздействующих факторов, критерии оценки эффективности и т.д.).

Студенту, выполняющему проект с исследовательским разделом, необходимо уделить внимание:

- актуальности темы;
- анализу состояния вопроса с использованием периодической и патентной литературы;
- постановке задач для исследований;
- теоретическим исследованиям;
- планированию и проведению экспериментальных исследований (методика, подготовка образцов для исследований и т.п.);
- обработке (как правило, с использованием ПК) результатов экспериментальных исследований;
- выработке рекомендаций (методик) по использованию полученных результатов на практике (при проектировании, конструировании и разработке или совершенствовании технологии).

В исследовательском разделе проекта могут быть представлены:

- результаты теоретического и экспериментального исследования, полученные в процессе преддипломной практики и дипломного проектирования при соответствующей их обработке;
- результаты разработки моделей проектируемого устройства (прибора) и исследования этих моделей либо результаты математического моделирования отдельных схем или узлов проектируемого устройства и исследования таких моделей;
- разработка оригинальных методов расчета, вывод оригинальных уравнений, предложенный дипломником, и т.п.

Особое значение следует придавать использованию ПК при работе над проектом, стремясь сделать это правилом. Особенно целесообразно использование ПК для решения задач исследовательского характера (например, для исследования математической или логической модели проектируемого устрой-

ва, анализа ее структуры и отдельных параметров, проверки на функционирование и т.д.).

Разработка программного обеспечения по известным алгоритмам не может рассматриваться как исследовательская задача, хотя использование, испытание и обработка результатов могут носить исследовательский характер. Выводы, сделанные в исследовательском разделе проекта, могут быть использованы при принятии тех или иных технических решений в других разделах проекта.

### 3.2.5 Специальные разделы дипломных проектов

В качестве специальных разделов в дипломный проект включаются разделы по экономике, энергосбережению, охране труда, эргономике и экологической безопасности. Консультанты дают общую формулировку задач по указанным разделам и оказывают помощь студенту в их решении.

Включение в проект разделов по экономике (экономическая часть), энергосбережению (обеспечению энергосбережения), охране труда и экологической безопасности отражается в задании на дипломное проектирование, а их объемы зависят от разрабатываемой темы и устанавливаются консультантом соответствующего раздела проекта.

Студенту следует иметь в виду, что вопросы экономики, обеспечения энергосбережения, охраны труда и экологической безопасности должны «пронизывать» все этапы дипломного проектирования от выбора материалов и технологии изготовления деталей до сборки микроэлектронной аппаратуры, а экономичность, энерго- и ресурсосбережение, безопасность и безвредность наряду с технико-экономическими показателями должны быть критериями выбора окончательных конструкторских, технологических и научно-технических решений в проекте.

## 4 ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ

### 4.1 Структура и объем пояснительной записки

Дипломный проект состоит из двух частей: пояснительной записки (ПЗ), конструкторских, технологических документов (чертежи, маршрутные карты технологических процессов и иллюстративный материал в виде графиков, схем, таблиц). Дипломная работа оформляется, как правило, в виде пояснительной записки с расчетной частью и сопровождается графическим материалом.

Общими требованиями к пояснительной записке проекта являются: четкость и логическая последовательность изложения материала, убедительность аргументации, краткость и ясность формулировок, исключая неоднозначность толкования, конкретность изложения результатов, доказательств и выводов. Пояснительная записка к дипломному проекту должна в краткой и четкой

форме раскрывать творческий замысел проекта, содержать методы исследования, принятые методы расчета и сами расчеты, описание проведенных экспериментов, их анализ и выводы по ним, технико-экономическое сравнение варианта и сопровождаться иллюстрациями: графиками, эскизами, диаграммами, схемами и т.п. Для решения сложных математических расчетов необходимо применять электронно-вычислительную технику.

Пояснительная записка к дипломному проекту должна включать:

- титульный лист;
- аннотацию (реферат);
- задание;
- оглавление (содержание);
- перечень условных обозначений, символов и терминов (если в этом есть необходимость);
- введение;
- разделы, представляющие собой обзор литературных источников по теме, используемые методы и (или) методики, собственные теоретические и экспериментальные исследования, результаты расчетов и другие материалы, определенные заданием;
- специальные разделы, отражающие экономическое обоснование принятых технических решений, определение экономической эффективности внедрения полученных результатов; анализ решений с точки зрения экономии материальных и энергетических ресурсов и обеспечения энергосбережения; требования охраны труда и экологической безопасности при изготовлении и эксплуатации разрабатываемых изделий, при реализации предлагаемых технологических процессов, механизации и автоматизации средств технологического оснащения;
- заключение (выводы);
- список использованной литературы;
- приложения (при необходимости).

Объем пояснительной записки не должен превышать 110 страниц рукописного текста.

## 4.2 Требования к оформлению пояснительной записки

4.2.1 Пояснительная записка должна быть выполнена на одной стороне листа белой бумаги формата А4 одним из следующих способов:

- с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ (ГОСТ 2.004-88 ЕСКД). Высота букв и цифр должна быть не менее 1,8 мм.
- машинописным, при соблюдении ГОСТ 13.1.002-80, шрифт пишущей машинки должен быть четким, высотой не менее 2,5 мм, лента только черного цвета (полужирная), отдельные слова и формулы вписываются в текст черными чернилами (пастой, тушью) буквами греческого или латинского алфавита с соблюдением правил грамматики и орфографии;
- рукописным – четким почерком, чернилами (пастой) одного цвета с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм.

4.2.2 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.

4.2.3 ПЗ может быть написана 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 иллюстраций, не допускается:

- применять математический знак « – » перед отрицательными значениями величин (следует писать слово «минус»);

- применять знак « $\emptyset$ » для обозначения диаметра (следует писать слово «диаметр»). Однако при указании размера или предельных отклонений диаметра на чертежах, помещенных в тексте документа, перед размерным числом знак « $\emptyset$ » необходимо использовать;

- применять 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 стандартные единицы физических величин, их наименования и обозначения в соответствии с ГОСТ 8.417-81. Наряду с единицами СИ при необходимости в скобках указывают единицы ранее использующихся систем, разрешенных к применению. Применение в ПЗ разных систем обозначения физических величин не допускается.

В тексте числовые значения единиц физических величин и единиц счета следует писать цифрами, а числа без обозначения единиц физических величин и единиц счета от единицы до девяти – словами.

Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей, за исключением размеров в дюймах, которые следует записывать  $1/4''$ ,  $1/2''$  (но не  $\frac{1''}{4}$ ,  $\frac{1''}{2}$ ). При невозможности выразить числовое значение в виде десятичной дроби допускается записывать его в виде простой дроби в одну строчку через косую черту, например,  $5/32$ ;  $(40A - 3B)/(40C + 25)$ .

4.2.4 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.

4.2.5 Абзацы в тексте начинают отступом, равным пяти ударам печатного устройства или 15–17 мм.

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

4.2.7 Разделы должны, а подразделы могут иметь заголовки. Пункты, как правило, заголовков не имеют. Заголовки следует писать с абзацного отступа с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Перенос слов в заголовках не допускается.

Расстояние между заголовками и текстом при выполнении документа печатным способом должно быть равно 3-м или 4-м интервалам, при выполнении рукописным способом – 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела – 2 интервала, при выполнении рукописным способом – 8 мм. Каждый раздел (главу) текстового документа рекомендуется начинать с новой страницы.

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

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например: Рисунок 1.1.

При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рисунком 2» при сквозной нумерации и «...в соответствии с рисунком 1.2» при нумерации в пределах раздела.

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

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

4.2.9 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.

4.2.10 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 необходимости 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

- a) \_\_\_\_\_
- б) \_\_\_\_\_
  - 1) \_\_\_\_\_
  - 2) \_\_\_\_\_
- в) \_\_\_\_\_

4.2.11 Страницы нумеруются арабскими цифрами в правом верхнем углу. Счет страниц начинается с титульного листа с соблюдением сквозной нумерации по всему тексту записки. Номера страниц на титульном листе, аннотации, задании и содержании не ставятся. Иллюстрации и таблицы, расположенные на отдельных листах, и распечатки с ЭВМ включаются в общую нумерацию страниц записки. Иллюстрации, таблицы и распечатки с ЭВМ на листе формата А3 в ПЗ учитываются как одна страница.

4.2.12 Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации могут быть расположены в тексте ПЗ (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и сразу после упоминания о них. Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. За исключением приложений, иллюстрации следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается «Рисунок 1».

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например: Рисунок А3.

Иллюстрация располагается так, чтобы ее было удобно рассматривать без поворота записки или с поворотом на 90° по часовой стрелке. Фотоснимки размером меньше формата А4 должны быть наклеены на стандартные листы белой бумаги. На все иллюстрации должны быть ссылки в записке.

4.2.13 Таблицы в ПЗ оформляются по ГОСТ 2.105-95. Название таблицы (при его наличии) должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Оформление таблицы показано на рисунке 1.

При переносе части таблицы на ту же или другие страницы название ее помещают только над первой частью таблицы.

Таблицы, за исключением таблиц приложений, должны иметь сквозную нумерацию арабскими цифрами.



Рисунок 1 – Оформление таблицы в ПЗ

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой буквенного обозначения приложения. Пример: Таблица В3.

На все таблицы должны быть даны ссылки в тексте ПЗ. При ссылке следует писать «таблица» с указанием ее номера, например, «... в таблице 1.2.».

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, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставятся. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе.

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

Таблицы обычно располагаются 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, обозначение марок материалов и типоразмеров изделий, обозначения нормативных документов не допускается.

4.2.14 В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими стандартами. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не даны 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 или точкой с 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 «х».

Применение машинописных и рукописных символов в одной формуле не допускается.

Все формулы, за исключением помещаемых в приложения, должны иметь сквозную нумерацию арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках. Одну формулу также нумеруют: (1).

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках, например, «... в формуле (1)...» или «... в формуле (1.2)...».

Формулы, помещаемые в приложениях, должны иметь отдельную нумерацию арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой буквенного обозначения приложения, например формула (B1).

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

4.2.15 Материал, дополняющий текст ПЗ, следует помещать в приложениях. Приложениями могут быть: графический материал, таблицы большого формата, расчеты, описания аппаратуры и приборов, описания алгоритмов и программ задач, решаемых с применением ПК, и т.д.

Информационные приложения могут быть рекомендательного или справочного характера.

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

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

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. После слова «Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность.

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».

Приложение, как правило, выполняют на листах формата А4. Допускается оформлять приложения на листах формата А3, А4х3, А4х4, А2 и А1 по ГОСТ 2.301-68.

Все приложения должны быть перечислены в оглавлении ПЗ с указанием их буквенных обозначений (номеров) и заголовков.

4.2.16 Ссылки на литературные источники делаются в соответствии с порядковым номером (по списку литературы) в квадратных скобках. Пример: [10]. В скобках при необходимости можно указывать том многотомного источника и страницу или только страницу, а также вписывать одновременно несколько источников, разделяя их запятой, например: [12, т. 2, с. 224], [24, с. 34], [1, 4, 28, 47].

В повторных ссылках на иллюстрации и таблицы дается сокращенно слово «смотри». Пример: см. таблицу 1.3.

4.2.17 Список литературы должен содержать источники, с которыми работал дипломник. Источники располагаются в порядке появления ссылок в тексте. Сведения об источниках должны даваться в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003 с указанием или без указания объема в страницах. Примеры записи книг, статей, авторских свидетельств и патентов, государственных стандартов приведены ниже.

#### Книги

1 Голубев, А. И. Анодное окисление алюминиевых сплавов / А. И. Голубев. – М. : Изд-во АН СССР, 1989. – 198 с.

2 Бондаренко, О. Е. Конструктивно-технологические основы проектирования микросборок / О. Е. Бондаренко, Л. М. Федотов. – М. : Радио и связь, 1988. – 145 с.

3 Конструкторское проектирование микросхем СВЧ / И. П. Бушминский [и др.]; под ред. И. П. Бушминского. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 355 с.

#### Статьи

1 Файзулаев, Б. Н. Быстродействие межсоединений СБИС / Б. Н. Файзулаев, В. А. Дрбкин, Д. П. Богданов // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Электронно-вычисл. техн. – 1985. – вып. 7. – С. 79–83.

2 Островский, В. И. Алгоритмы распознавания технологических дефектов микросхем / В. И. Островский, Л. П. Молчанова // Электронная техника. Сер. 10, Микроэлектронные устройства. – 2000. – Вып. 5. – С. 49–52.

3 Li, A., Muller, F., Birner, A., Nielsch, K., Gosele, V. Structural features of Oxide coatings on Aluminium // J. Appl. Phys. – 1998. – vol. 84, Iss. 11, pp. 6023–6026.

#### Авторские свидетельства и патенты

1 А.с. 436350(СССР). Двоичный сумматор / Ю. Н. Корнеев, С. В. Пискунов, С. И. Сергеев. – Оpubл. в Б.И. – 1994. – № 26.

2 А.с. 977751 СССР, МКИ Н 02 N 1/06. Электростатический держатель полупроводниковых пластин.

или

3 Электростатический держатель полупроводниковых пластин : А.с. 977751 СССР: МКИ Н 02 N 1/06.

4 Пат. 470025 США, МКИ Н 04 N 7/18. Метод и устройство для контроля проводящего рисунка на коммутационной плате.

ГОСТы

1 ГОСТ Р 50499-93. Материалы электроизоляционные твердые. Методы определения удельного объемного и поверхностного сопротивления. – 1993.

или

2 Материалы электроизоляционные твердые. Методы определения удельного объемного и поверхностного сопротивления : ГОСТ Р 50499-93. – 1993.

В ссылке допускается опускать отдельные обязательные элементы при условии, что оставшийся набор элементов обеспечит поиск объекта ссылки в библиотеке или других фондах. Например, в ссылке на книгу допускается не указывать ее объем (количество страниц). В ссылке на составную часть документа (например статью) может быть не указано ее основное заглавие, но при этом обязательно указание страниц, на которых он опубликован. Если приведено основное заглавие, то страницы могут не указываться.

В ссылке допускается сокращать названия журналов, издательств, мест (городов) изданий в соответствии с правилами, приведенными в ГОСТ 7.12-93 и ГОСТ 7.11-78.

4.2.18 В ПЗ после задания на дипломное проектирование на одном листе и при необходимости на последующих листах помещают оглавление (содержание), включающее номера и наименование разделов и подразделов с указанием номеров страниц.

Слово «Оглавление» («Содержание») записывают в виде заголовка (симметрично тексту) прописными буквами. Наименования, включенные в оглавление, записывают строчными буквами, начиная с прописной буквы.

## 5 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ

### 5.1 Общие положения

Над дипломным проектом студент работает или в вузе в аудитории для дипломного проектирования или на промышленных предприятиях, в научно-исследовательских, проектно-конструкторских и других организациях.

Перед началом выполнения дипломного проекта студент должен разработать календарный план-график работы на весь период с указанием очередности выполнения отдельных этапов и после одобрения руководителем предъявить на утверждение заведующему выпускающей кафедрой.

За принятые в дипломном проекте решения, правильность всех данных и сделанные обобщающие выводы отвечает студент – автор дипломного проекта.

Законченный дипломный проект, подписанный студентом и его консультантами, предъявляется руководителю, который составляет на него отзыв.

В отзыве руководителя дипломного проекта должны быть отражены:

- актуальность темы дипломного проекта;
- степень выполнения поставленной задачи;
- соблюдение студентом плана-графика дипломного проектирования;
- степень самостоятельности и инициативности студента;
- умение студента пользоваться специальной литературой;
- способность студента к инженерной или научно-исследовательской работе;
- возможность использования полученных результатов на практике;
- возможность присвоения выпускнику соответствующей инженерной квалификации.

Дипломный проект и отзыв руководителя представляются заведующему кафедрой, который рассматривает вопрос о возможности допуска студента к защите дипломного проекта. Для решения этого вопроса на кафедре может создаваться рабочая комиссия (комиссии), которая заслушивает сообщение студента по дипломному проекту, определяет соответствие дипломного проекта заданию и выясняет готовность студента к защите.

Допуск студента к защите подтверждается подписью заведующего кафедрой на титульном листе пояснительной записки к дипломному проекту.

Если заведующий кафедрой на основании выводов рабочей комиссии не считает возможным допустить студента к защите, то этот вопрос рассматривается на заседании кафедры с участием руководителя дипломного проекта. При отрицательном заключении кафедры протокол заседания представляется через декана факультета на утверждение ректору, после чего студент информируется о том, что он не допускается к защите дипломного проекта.

Дипломный проект, допущенный выпускающей кафедрой к защите, направляется заведующим кафедрой на рецензию.

Рецензенты дипломных проектов утверждаются деканом факультета по представлению заведующего кафедрой не позднее одного месяца до защиты из числа профессорско-преподавательского состава других кафедр, специалистов производства и научно-исследовательских и проектных организаций, педагогического состава других вузов.

В рецензии должны быть отмечены:

- актуальность темы дипломного проекта;
- степень соответствия дипломного проекта заданию;
- логичность построения пояснительной записки;
- наличие по теме дипломного проекта критического обзора литературы, включая патенты и авторские свидетельства, его полнота и последовательность анализа;

- полнота описания методики расчета или проведенных исследований, изложения собственных расчетных, теоретических и экспериментальных результатов, оценка достоверности полученных выражений и данных;
- наличие аргументированных выводов по результатам дипломного проекта;
- практическая значимость дипломного проекта, возможность использования полученных результатов;
- недостатки и слабые стороны дипломного проекта;
- замечания по оформлению пояснительной записки к дипломному проекту и стилю изложения материала;
- соответствие графической части требованиям ГОСТов – ЕСКД;
- соответствие технологических документов требованиям ГОСТов – ЕСТД;
- оценка дипломного проекта: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Рецензент имеет право затребовать у студента – автора дипломного проекта дополнительные материалы, касающиеся существа проделанной работы. Студент должен быть ознакомлен с рецензией до защиты проекта перед государственной экзаменационной комиссией.

Порядок защиты дипломного проекта определяется положением о ГЭК.

До начала защиты дипломного проекта деканом факультета в ГЭК представляется учебная карточка студента с указанием полученных им оценок по изученным дисциплинам, курсовым проектам (работам), учебной и производственным практикам.

Перед защитой дипломного проекта кроме учебной карточки студента в ГЭК представляются:

- дипломный проект (работа);
- отзыв руководителя дипломного проекта;
- рецензия на дипломный проект.

К защите дипломного проекта допускаются студенты, полностью выполнившие учебный план, включая сдачу государственных экзаменов, если они предусмотрены учебным планом.

В ГЭК могут представляться и другие материалы, характеризующие научную и практическую значимость выполненного дипломного проекта, перечень публикаций и изобретений студента, характеристика его участия в научной, организационной, общественной и других видах деятельности, не предусмотренных учебным планом. Отсутствие таких материалов не является основанием для снижения оценки, выставляемой по защите дипломного проекта.

Защита дипломных проектов проводится на открытом заседании ГЭК с участием не менее половины состава комиссии.

Защита дипломных проектов может осуществляться не только в вузе, но и на предприятиях и в организациях, для которых тематика защищаемых проектов представляет научный и практический интерес.

После доклада выпускник отвечает на вопросы членов ГЭК. Вопросы могут касаться как темы выполненного проекта, так и носить общий характер в

пределах дисциплин специальности и специализации, изучаемых на протяжении обучения в вузе. Кроме членов ГЭК с разрешения председателя вопросы могут задавать все присутствующие на защите. После этого выступает со своим отзывом руководитель дипломного проекта или, при его отсутствии, отзыв зачитывается секретарем ГЭК. Затем выступает рецензент или зачитывается его рецензия. На имеющиеся замечания рецензента выпускник должен дать аргументированные ответы.

Защита заканчивается предоставлением выпускнику заключительного слова, в котором он вправе высказать свое мнение по замечаниям и рекомендациям, сделанным в процессе обсуждения проекта.

После окончания защиты дипломных проектов ГЭК продолжает свою работу на закрытой части заседания, на которой с согласия председателя комиссии могут присутствовать руководители и рецензенты дипломных проектов.

В ходе закрытого заседания члены ГЭК:

- оценивают результат защиты дипломных проектов оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»;
- рекомендуют выдать диплом о высшем образовании с отличием или без отличия.

Оценка за выполнение и защиту дипломного проекта принимается большинством членов ГЭК открытым голосованием.

При равном числе голосов голос председателя является решающим.

Результаты защиты проектов, решения о присвоении квалификации и выдаче дипломов о высшем образовании оглашаются в этот же день после оформления соответствующих протоколов.

**Решение ГЭК является окончательным и апелляции не подлежит.**

Студентам, не защищавшим дипломный проект по уважительной причине (документально подтвержденной), ректором вуза может быть удлинен срок обучения до следующего периода работы ГЭК по защите дипломных проектов или сдачи государственного экзамена, но не более одного года.

Студенты, не защитившие дипломный проект по уважительной причине, допускаются к защите дипломного проекта в течение трех лет после окончания вуза.

## 5.2 Особенности представления материала на защите

Защищать дипломный проект студент может, представляя графический материал в виде чертежей или плакатов (традиционный способ защиты), а также разрешается использовать для демонстрации графической части проекта компьютерный проектор (презентация дипломного проекта). Если проект конструкторско-технологического плана, то традиционный метод защиты с использованием чертежей (плакатов) более приемлем. При этом необходимо, чтобы графический материал был четким и легко читался на расстоянии 2–3 метров. Кроме того, структуры и топологии полупроводниковых приборов и интегральных микросхем желательно выполнять на плакатах, для того чтобы иметь

возможность использовать для наглядности различные цветовые гаммы. К защите допускается студент, представивший по теме проекта на рабочую комиссию не менее пяти чертежей (плакатов) графического материала.

Если дипломный проект носит исследовательский характера или в его основе лежит физико-математическая модель, то целесообразно защищать его в виде презентации. В этом случае студент, применяя ПК, может полнее раскрыть те или иные электрофизические эффекты в статике или в динамике, которые лежат в основе действия разработанного микро- или наноэлектронного изделия. При этом необходимо:

- весь материал доклада изложить на 10–15 слайдах;
- иметь в наличии слайд с четкими конкретными выводами по всей проделанной работе;
- до начала защиты (как правило, в предыдущий день) убедиться в отсутствии сбоев в системе «дискета – компьютер – проектор»;
- иметь 3–4 комплекта твердых копий графического материала презентации, выполненных на формате А4, которые представляются перед защитой членам ГЭК.

Защита дипломных проектов проходит во второй половине июня (как правило, в университете защита дипломных проектов начинается с 15–16 июня). После получения подписей консультантов по всем разделам проекта, отзыва руководителя и рецензии ПЗ должна быть подписана заведующим кафедрой.

Перед началом защиты поток студентов-дипломников разбивается по дням защиты (в один день защищаются 12 студентов). Список дипломников каждого конкретного дня защиты с указанием порядкового номера защиты зачитывается секретарем ГЭК на итоговом собрании студентов-дипломников, которое назначается, как правило, за день до начала защиты. Списки распечатываются и вывешиваются на дверь аудитории, в которой происходит защита, и раздаются всем членам ГЭК. Секретарь ГЭК согласно этому списку периодически во время защиты собирает у дипломников, которым предстоит защищаться согласно очередности в ближайшее время, 4–5 проектов для оформления секретариатом протоколов и зачетных книжек. Поэтому студенту целесообразно прийти на час раньше до времени его защиты.

Свой доклад дипломник начинает после того, как председатель ГЭК зачитает фамилию защищающегося и тему его проекта. Далее предлагается примерное содержание доклада для защиты проекта:

- место выполнения проекта, ф.и.о., должность, научные степень и звание руководителя;
- предыстория данной разработки и необходимость в ее выполнении;
- возможные пути выполнения и обоснование пути (способа, метода, технологии, конструкции, материала и т.д.), выбранного дипломником;
- реализация выбранного правильного варианта разработки (оптимизация технологического процесса или конструкции, проведение дополнительных экспериментальных исследований, использование нового необходимого изме-

нительного оборудования, расширение температурного диапазона исследований и т.д.);

- коротко о содержании разделов по экономике и охране труда и экологической безопасности;

- четкие конкретные выводы по всей проделанной работе;

- фраза «Доклад окончен».

Во время доклада необходимо несколькими фразами охарактеризовать каждый представленный на защиту чертеж (плакат, слайд). Листы с чертежами должны быть пронумерованы.

Ответы на вопросы членов комиссии, которые будут задаваться студенту после окончания доклада, должны быть конкретными и нерасплывчатыми. Вопросы, как правило, в большей или меньшей степени будут относиться к теме проекта.

После ответов на вопросы членов ГЭК зачитывается отзыв руководителя дипломного проекта и рецензия. С замечаниями рецензента можно соглашаться (если сделаны существенные замечания по существу проделанной работы) или не соглашаться.

Кафедра и ГЭК допускают комплексную защиту дипломного проекта, которая предполагает выполнение сложного и трудоемкого проекта коллективом автором в составе 2–3 студентов.

Каждый автор проекта должен иметь свою ПЗ и свой графический материал. Комиссия допускает наличие 1–2 общих чертежей (плакатов, слайдов). Авторы по очереди защищают свои части проекта по известному алгоритму.

## Приложение А

### Образец заявления на утверждение темы проекта и руководителя

Зав. кафедрой  
микро- и наноэлектроники  
Борисенко В. Е.  
студента гр. 240301  
Иванова И. А.  
(дом. или моб. телефон)

### Заявление

Прошу утвердить мне тему дипломного проекта «Гибкие светодиодные подсветки для оптоэлектронных индикаторных устройств»

Дата \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Руководитель: Трофимов Юрий Васильевич

Место работы: Институт Электроники НАН Беларуси

Должность: зав. лаб., канд. техн. наук

Домашний адрес: 220019, г. Минск, ул. \_\_\_\_\_ д. \_\_\_\_\_ кв. \_\_\_\_\_

Домашний телефон: \_\_\_\_\_

Рабочий телефон: \_\_\_\_\_

Мобильный телефон: \_\_\_\_\_

Стаж работы на инженерных должностях: \_\_\_\_\_

Согласен на руководство

\_\_\_\_\_ Ю. В. Трофимов

(подпись)

## Приложение Б

Пример оформления задания на дипломное проектирование

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»

ФАКУЛЬТЕТ *радиотехники и электроники*

КАФЕДРА *микро- и наноэлектроники*

СПЕЦИАЛЬНОСТЬ *микро-и наноэлектронные технологии и системы*

СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ *компьютерное проектирование микроэлектронных устройств и систем*

**УТВЕРЖДАЮ**

Зав. кафедрой

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200 \_\_\_\_ г.

### ЗАДАНИЕ

по дипломному проекту студенту

*Иванову Ивану Ивановичу*

1 Тема проекта (работы) *Разработка технологии изготовления ГИС криогенного диапазона температур*

утверждена приказом по университету от «25» января 2007 г. № 100 – с.

2 Срок сдачи студентом законченного проекта (работы) 03.06.2007 г.

3 Исходные данные к проекту (работе). \_\_\_\_\_

3.1 Материал подложки – сплав АМг-3м ГОСТ 22179-73; 3.2 Тип технологии – тонкопленочная; 3.3 Диапазон рабочих температур – 4,2–300 К; 3.4 Сопротивление изоляции при напряжении 100 В –  $10^{11}$  Ом; 3.5 ТКС резисторов –  $10^{-4}$  град<sup>-1</sup>.

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

4.1 Введение; 4.2 Анализ современных технологических процессов изготовления ГИС; 4.3 Разработка тестовой структуры для исследования; 4.4 Исследование свойств ГИС при криогенных температурах; 4.5 Техничко-экономическое обоснование; 4.6 Охрана труда и экологическая безопасность; 4.7 Заключение; 4.8 Список использованной литературы; 4.9 Приложения.

5 Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей).

5.1 Электроника низких температур – 1л А1; 5.2 Оборудование для изготовления и исследования КРИО ИС – 1л А1; 5.3 Тестовая структура для иссле

довании КРИО ИС – 1 л А1; 5.4 Параметры анодированных подложек из алюминия – 1л А1; 5.5 Исследование свойств тонкопленочных резисторов при низких температурах – 1 л А1; 5.6 Исследование свойств алюминиевых подложек – 1 л А1.

6 Содержание задания по технико-экономическому обоснованию. \_\_\_\_\_

Задание выдал \_\_\_\_\_ подпись \_\_\_\_\_ (ФИО) \_\_\_\_\_

7 Содержание задания по производственной и экологической безопасности.

Задание выдал \_\_\_\_\_ подпись \_\_\_\_\_ (ФИО) \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН-ГРАФИК

№ п/п	Наименование этапов дипломного проекта (работы)	Срок выполнения этапов проекта (работы)	
пп.	4.1–4.3	15.04.07	
пп.	4.4, 4.5; 5.2; 5.3	28.04.07	
пп.	4.6.–4.8; 5.4. 5.5	10.05.07	
пп.	4.9–4.12; 5.6; 5.7	28.05.07	
	Рабочая комиссия – 05.06.07		

Дата выдачи задания 26.01.07

Руководитель (подпись) \_\_\_\_\_

Задание принял к исполнению

Студент (подпись) \_\_\_\_\_

## Приложение В

Образец титульного листа к дипломному проекту

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»

КАФЕДРА: МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

ФАКУЛЬТЕТ: РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ

«К ЗАЩИТЕ ДОПУСТИТЬ»  
ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ  
В.Е. Борисенко

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### К ДИПЛОМНОМУ ПРОЕКТУ

НА ТЕМУ:

«РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГИС  
КРИОГЕННОГО ДИАПАЗОНА ТЕМПЕРАТУР»

ДИПЛОМНИК:	(подпись)	(Алексеев Ю. И.)
РУКОВОДИТЕЛЬ:	(подпись)	(Сидоров М. В.)
КОНСУЛЬТАНТЫ:		
по специальности	(подпись)	(Иванов А. П.)
по экономике	(подпись)	(Петров И. И.)
по охране труда	(подпись)	(Кузнецов В. В.)
РЕЦЕНЗЕНТ:	(подпись)	( )

Минск 2007

## Приложение Г

### Образец оформления реферата (аннотации) к дипломному проекту

УДК 621.382.6.002

Алексеев, Ю. Н.

Разработка технологии изготовления ГИС криогенного диапазона температур. Дипл. проект по специальности «Микро- и нанoeлектронные технологии и системы». – Минск : БГУИР, 2007. – 110 с.

В дипломном проекте проведен анализ научно-технической и патентной литературы по технологии ГИС. Обоснована возможность использования криoeлектронных приборов в виде ГИС на алюминиевых подложках с диэлектрическим оксидным слоем, полученным анодированием.

В работе разработана тестовая структура, которая одновременно позволила исследовать параметры:

резистивно-емкостных структур в широком диапазоне изменений конструктивных размеров;

переходных контактных слоев;

металлизации, в том числе и в многоуровневом исполнении.

Совокупность проведенных исследований позволила обосновать и предложить технологический процесс изготовления ГИС криогенного диапазона температур, позволяющий формировать многослойную металлизацию с контактными переходами между слоями алюминиевым основанием с тонкопленочными резистивными и емкостными структурами, а также контактными площадками для подсоединения навесных элементов.

Расчетный экономический эффект от внедрения процесса составляет 5,5 млн. р. в год. В проекте учтены требования техники безопасности и охраны труда при изготовлении ГИС.

Ил. 15, табл. 6, список литературы – 40 назв.;

Графическая часть – 5 л. А1.

## Приложение Д

### Правила выполнения иллюстраций в пояснительной записке

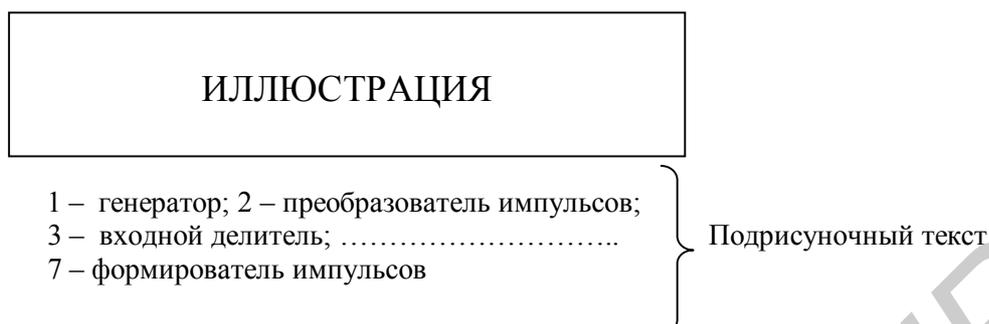


Рисунок Д 1 – Схема электрическая функциональная цифрового вольтметра

Цифровые обозначения на графических зависимостях ставятся не на обозначенном элементе, а на поле изображения у конца линии выноски (рисунок Д 2). На оцифрованных выносках стрелки не ставятся.

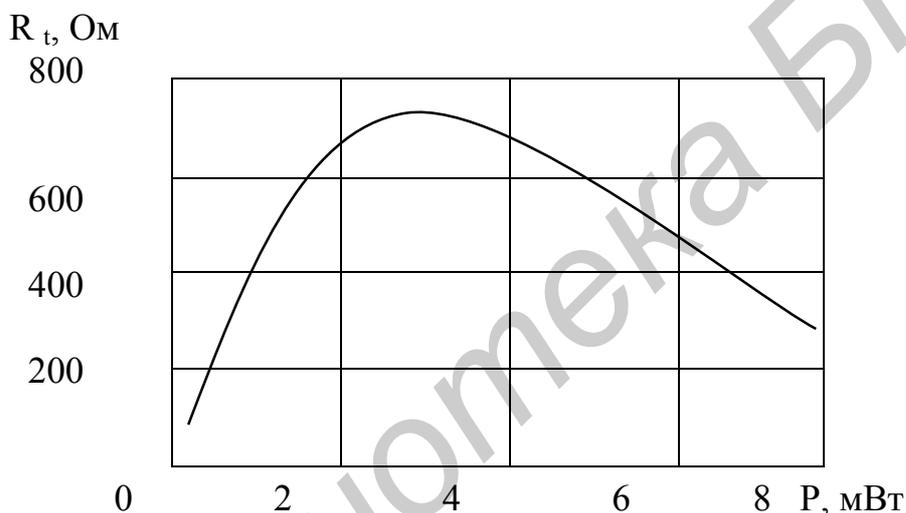


Рисунок Д 2 – Зависимость сопротивления от мощности нагрузки

На графиках, указывающих только на функциональную или качественную зависимость, стрелки на выносках допускаются (рисунок Д 3).



Рисунок Д 3 – Зависимость шероховатости обрабатываемой поверхности от скорости подачи резца

## Приложение Е

### Правила выполнения основной надписи (штампа) в графической части проекта

						<b>МНЭ.007.0XX-05</b>			
							Литера	Масса	Масштаб
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		Структурная схема установки			
Дипломник		Николаев							
Руковод.		Петров							
Консультант		Сидоров					Лист	Листов 1	
Рецензент		Иванов				МНЭ, гр.240302			

						<b>МНЭ.007.0XX-06</b>			
							Литера	Масса	Масштаб
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		Графические зависимости			
Дипломник		Николаев							
Руковод.		Петров							
Консультант		Сидоров					Лист	Листов 1	
Рецензент		Иванов				КИС, гр.242701			

В штампах на чертежах, плакатах и графическом материале презентации вместо знаков **XX** должен быть указан порядковый номер студента, взятый из приказа на утверждение темы проекта.

Например, МНЭ.007.014 - 01

- 02

- 03

и так далее в зависимости от количества чертежей, плакатов, пленок должны обозначаться чертежи студента, имеющего порядковый номер 14 в приказе.

Конструкторские чертежи обозначаются по правилам ЕСКД, например схема электрическая принципиальная будет обозначаться МНЭ.006.014-01Э3 и т.д.

## Продолжение приложения Е

### Размещение штампа

#### Конструкторские чертежи

На конструкторских чертежах, как обычно по ЕСКД, – рамка с полями (слева –20 мм; справа, сверху и снизу – 5 мм) и в правом нижнем углу штамп 185x55 мм (формат А1).

#### Плакаты

На плакатах – с обратной стороны плаката рисуется рамка с полями (слева –20 мм; справа, сверху и снизу – 5 мм) и в правом нижнем углу штамп 185x55 мм (формат А1).

Номера плакатов не рисовать, допускается на лицевой стороне плаката помещать заголовки.

#### Пример заголовка



#### Графический материал презентации

Графический материал презентации оформляется на листах формата А4 с полями 20, 5, 5, 5 мм, и внизу рамки рисуется штамп 185x55 мм. Допускается штамп размещать на обратной стороне листа. На них должны быть подписи дипломника, руководителя, консультанта и впоследствии рецензента. Комплект копий подшивается в конце дипломного проекта после приложений.

Три-четыре экземпляра копий формата А4 из диплома (без подписей) необходимо подготовить для членов ГЭК.

Учебное издание

**Методические указания**  
по дипломному проектированию  
для студентов специальностей I-41 01 02 «Микро- и нанoeлектронные  
технологии и системы» и I-41 01 03 «Квантовые информационные системы»  
всех форм обучения

Составители:

**Колосницын Борис Сергеевич**  
**Шматин Александр Сергеевич**  
**Шульгов Владимир Владимирович**

Редактор Е. Н. Батурчик  
Корректор М. В. Тезина

---

Подписано в печать 14.02.2007.	Формат 60x84 1/16.	Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс».	Печать ризографическая.	Усл. печ. л. 2,44.
Уч.-изд. л. 2,0.	Тираж 100 экз.	Заказ 663.

---

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