

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор  
по образовательной деятельности

А.А.Панфилов

« 31 » 08 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ В НАНОЭЛЕКТРОНИКЕ**  
(наименование дисциплины)

Направление подготовки: 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль/программа подготовки: Нанотехнологии и микросистемная техника

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
7	6/216	18	18	36	108	экзамен (36 ч), КР
Итого	6/216	18	18	36	108	экзамен (36 ч), КР

Владимир 2020

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** приобретение студентами теоретических знаний и практических навыков конструкторско-технологического проектирования электронных средств различного уровня сложности.

### Задачи:

- познакомить студента с этапами жизненного цикла, физическими принципами действия, условиями и режимами эксплуатации микроэлектронных приборов и наноэлектронных устройств, с нанотехнологиями и системами автоматизации проектирования электронных средств;
- сформировать у студента целостное представление о классообразующей приборной структуре и уровнях конструктивной иерархии изделий и элементной базы электронных средств, о типовых конструкциях и технологиях изготовления электронных блоков, узлов и межсоединений, о закономерностях функционирования приборов и их взаимосвязи с параметрами и свойствами материалов и режимами технологических операций процессов изготовления изделий;
- развить практические навыки работы с нормативно-техническими конструкторскими и технологическими документами, проектирования узлов, блоков и коммуникационных оснований, применения методики оценки технологичности конструкторских проектных решений.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Проектирование электронных средств в наноэлектронике» относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений, блока Б1 Дисциплины (модули) учебного плана.

Пререквизиты дисциплины (изучение данной дисциплины проходит в седьмом семестре и опирается на результаты изучения дисциплин): «Физика», «Химия», «Основы квантовой физики», «Инженерная и компьютерная графика», «Теоретическая механика», «Прикладная механика», «Электротехника», «Электроника и схемотехника», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Информационные технологии в профессиональной деятельности», «Основы алгоритмизации и программирования», «Введение в нанотехнологии», «Основы кристаллографии», «Химические основы нанотехнологий», «Физика конденсированного состояния вещества», «Материаловедение наноструктурированных материалов», «Механика наносистем и трибология», «Моделирование и проектирование в нанотехнологиях», «Микроэлектромеханические системы», «Процессы микро- и нанотехнологий».

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
ПК-1	частичное освоение	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• физические и математические законы и модели физических процессов, лежащих в основе принципов действия объектов нанотехнологии и микросистемной техники.</li></ul> <b>Уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы компьютерного моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники.</li></ul> <b>Владеть (навыки):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• аппаратом и методами компьютерных технологий для моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники.</li></ul>

## 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единицы, 216 часов

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)	Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной
-------	--	---------	-----------------	--	---	---

				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		аттестации (по семестрам)
1	Физические основы и направления развития, промышленного производства, нанотехнологий, конструкций и элементной базы электронных средств	7	1-6	6	6	12	39	12 / 50	рейтинг-контроль №1
2	Функциональные, структурные и принципиальные схемы электронных средств и процессов их изготовления	7	7-12	6	6	12	39	10 / 42	рейтинг-контроль №2
3	Режимы, условия эксплуатации и процессы проектирования и контроля электронных средств	7	13-18	6	6	12	30	8 / 33	рейтинг-контроль №3
Всего за 7-й семестр:		7	1-18	18	18	36	108	30 / 42	Экзамен 36 час, КР
Наличие в дисциплине КП/КР		7	1-18	+	+	+	+		КР
Итого по дисциплине		7	18	18	18	36	108	30 / 42	Экзамен 36 час, КР

### Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Физические основы и направления развития, промышленного производства, нанотехнологий, конструкций и элементной базы электронных средств.

Тема 1. Социально-правовые предпосылки совершенствования многоуровневой системы образования и модернизации промышленного производства изделий микро- и нанoeлектроники.

Организационная структура предприятий. Виды производства; основной и вспомогательный производственные процессы; основные и неосновные средства производства. Электроника - область науки, техники и производства; физическая, техническая и промышленная электроника. Структура электронных средств. Виды изделий, области применения и преимущества средств микро- и нанoeлектроники. Фотоника и оптоэлектроника. Виды физических полей; диапазоны электромагнитных излучений. Лучевые методы формообразования деталей и упрочняюще-чистовой обработки. Лазерные технологии.

Тема 2. Классификация материалов электронных средств. Единая теория строения вещества, фазовые состояния.

Классификации материалов микро- и нанoeлектроники; конструкционные и технологические материалы. Последовательность переработки вещества в изделия электронной техники; однофазные/многофазные сплавы и химические соединения в микро- и нанoeлектронике. Типы и физическая природа межатомной связи в твердых кристаллических телах; характеристика ионной, ковалентной и металлической связей в кристаллах. Молекулярные кристаллы; природа дисперсионной, ориентационной и индукционной составляющих взаимодействия сил Ван-дер-Ваальса. Получение полупроводниковых материалов по методу Чохральского. Дефекты кристаллических решеток по Френкелю и по Шоттки; растворы внедрения и замещения; закон Больцмана о концентрации дефектов в кристаллических решетках. Диффузия в твердых телах; потенциальный барьер в кристалле; явления самодиффузии и гетеродиффузии; диффузионные уравнения - 1-й и 2-й законы Фика. Миграция атомов серебра в германии и кремнии.

Тема 3. Биполярная и униполярная элементная база цифровых и аналоговых электронных средств.

Пассивная и активная элементная база; источники и приемники излучений. Группы интегральных микросхем в едином конструктивно-технологическом исполнении; серии микросхем; полупроводниковая, пленочная, гибридная и смешанная технологии изготовления. Прогресс микроэлектронных процессов производства – уменьшение контролируемых размеров топологии от 8 мкм до 10 нм. Тонкопленочные и толстопленочные групповые интегральные технологии. Технология изготовления линеек и матриц лазерных диодов. Структура и конструкция светоизлучающих и лазерных диодов. Корпусные и бескорпусные микросхемы на униполярных транзисторах – МОП и КМОП-логика; микросхемы на биполярных транзисторах – РТЛ, ДТЛ, ТТЛ, ТТЛШ, ЭСЛ, ИИЛ.

Раздел 2. Функциональные, структурные и принципиальные схемы электронных средств и процессов их изготовления.

Тема 1. Функциональное назначение, структура, признаки развития поколений и составные части электронных средств.

Этапы жизненного цикла и уровни конструктивной иерархии (входимости) электронных средств. Составные части и признаки системности конструкции электронных средств. Компоновка электронных средств и наноэлектронных устройств. Пульты управления и лицевые панели электронных средств. Основные требования компоновки.

Тема 2. Совершенствование электронных средств, основополагающих параметров и характеристик. Определяющие факторы развития конструкций, методы конструирования.

Исходные данные процесса конструирования электронных средств. Схема электрическая принципиальная, функциональная и структурная. Функционально-узловой, каскадно-узловой, схемно-узловой и моносхемный методы конструирования электронных средств. Компоновка электронных средств, определяющие факторы. Методы компоновки и критерии оптимальности. Технологичность конструкции электронных средств.

Тема 3. Виды технологических процессов изготовления изделий по организации и методам выполнения.

Рабочее место; производственный участок; цех; технологические операции, переходы, оборудование и оснастка; типовые технологические процессы. Техническое нормирование – основное и вспомогательное время; коэффициент закрепления операций; виды производства - единичный, серийный, массовый. Виды основных и вспомогательных технологических документов; карты технологического процесса – маршрутные, операционные, эскизов. Модель управления качеством продукции предприятия. Технологические процессы межсоединений - коммутационных оснований; объемный и плоскостной монтаж; технология печатного монтажа; интегральные платы; световоды; волоконно-оптические линии связи.

Раздел 3. Режимы, условия эксплуатации и процессы проектирования и контроля электронных средств.

Тема 1. Классификация электронных средств по условиям эксплуатации.

Схемы компоновок стоек управления. Общие системы охлаждения электронных средств. Особенности проектирования естественной и принудительной вентиляции ЭС. Методы интенсификации локального охлаждения электронных средств. Элементы локального охлаждения и особенности их проектирования. Тепловые трубки. Внешние механические воздействия на ЭС: вибрации и удары. Их характеристики и влияние на элементы конструкции и компоненты. Конструкторские способы уменьшения упругой и пластической деформации элементов. Электромагнитная совместимость электронных средств. Источники и приемники помех, виды паразитных связей и наводок. Экранирование электрического и магнитного полей. Электрические и магнитные экраны. Воздействие атмосферных осадков и влажности на электронные средства. Общие методы влагозащиты. Герметизация электронных средств. Проектирование разъемных уплотнительных соединений.

Тема 2. Процессы проектирования и контроля электронных средств.

Уровни проектирования интегральных устройств – логический, схемотехнический, системотехнический, электрический, физический, топологический, программный; степень интеграции (закон Мура). Соотношение понятий проектирование и конструирование электронных средств. Задачи, цели и техническое задание на проектирование; комплексная микроминиатюризация; средства проектирования; САПР. Основные требования к проектированию печатных проводников сигнальных цепей. Разновидности конструкции и особенности исполнения шин питания и заземления.

Тема 3. Обеспечение качества изделий электронного производства.

Проектирование вибропрочных ячеек электронных средств. Конструктивные методы увеличения жесткости и уменьшения амплитуд колебаний при вибрациях. Виброизоляция (амортизация) электронных средств. Основные характеристики виброизоляторов и принципы их действия. Экранирование проводов и кабелей электронных средств. Особенности конструирования и монтажа помехонесущих и чувствительных к помехе электрических цепей. Перекрестные помехи в элементах электрического монтажа. Виды помех и паразитных связей, искажение сигнала, требования к линиям связи.

### **Содержание практических занятий по дисциплине**

ТЕМА 1. Анализ свойств материалов оптико-электронных блоков, узлов и деталей.

ТЕМА 2. Функционально-узловой, каскадно-узловой, схемно-узловой и моносхемный методы проектирования электронных средств.

ТЕМА 3. Роль и задачи конструктора при проектировании ячеек, субблоков, блоков, стоек и шкафов управления.

ТЕМА 4. Классификация электронных средств по условиям эксплуатации. Общие технические требования к конструкции электронных средств специального назначения. Стойкость электронных средств к воздействию жестких электромагнитных излучений.

ТЕМА 5. Компоновка электронных средств. Факторы, определяющие компоновку; критерии оптимальности компоновки.

ТЕМА 6. Системы охлаждения электронных средств. Особенности проектирования электронных средств с естественной и принудительной вентиляцией. Тепловые трубки.

ТЕМА 7. Виброизоляция (амортизация) электронных средств. Основные характеристики виброизоляторов и принципы их действия.

ТЕМА 8. Виды помех и паразитных связей в проводниках, искажение сигналов, требования к линиям связи. Экранирование электрического и магнитного полей. Конструкции электрических и магнитных экранов.

ТЕМА 9. Разработка технологического процесса изготовления деталей опико-электронных блоков и узлов.

ТЕМА 10. Анализ технологичности конструкции опико-электронных блоков, узлов и деталей.

### **Содержание лабораторных занятий по дисциплине**

Работа №1. Обеспечения тепловых режимов электронных средств.

Работа №2. Обеспечения механической прочности электронных средств.

Работа №3. Обеспечения электрической прочности и электромагнитной совместимости электронных средств.

Работа №4. Обеспечения надежности электронных средств.

Работа №5. Обеспечения влагостойкости электронных средств.

Работа №6. Методика измерения спектральных параметров ЛЛД на установке SCLD-10-IR.

Работа №7. Методика измерения электрических и оптических параметров ЛЛД на установке IELD-8.

Работа №8. Методика контрольно-измерительных операций процесса сборки МЛД.

Работа №9. Методика селективной сборки драйверов МЛД в полуавтоматическом и ручном режимах на установке IR/PL650 ремонтного центра фирмы ERSA.

Работа №10. Методика термо-вакуумного формирования теплоотводов на коммутационных основаниях МЛД на установке THEBION EB4P3K WTH2-Ion.

Работа №11. Методика термовзвучковой сварки контактов ЛЛД при сборке МЛД на установке K&S 4522.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В преподавании дисциплины «Проектирование электронных средств в наноэлектронике» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- Интерактивная лекция (тема № 1.1);
- Групповая дискуссия (тема № 1.2);
- Ролевые игры (тема № 3.1);
- Тренинг (тема № 3.3);
- Анализ ситуаций (тема № 2.1);
- Применение имитационных моделей (тема № 3.2);
- Разбор конкретных ситуаций (тема № 2.3);
- Критическое обоснование объекта и предмета научного исследования (тема № 2.2).

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Текущий контроль успеваемости студентов

### Примерное содержание вопросов к рейтинг-контролю №1

Основные характеристики конструктивных и эксплуатационных требований к электронным средствам. Виды физических полей; диапазоны электромагнитных излучений. Функционально-узловой (модульный) метод конструирования электронных средств. Задачи конструктора при проектировании ячеек, блоков, приборов и устройств электронных средств. Классификация электронных средств по условиям эксплуатации. Компонировка электронных средств, определяющие факторы. Методы компоновки и критерии оптимальности. Схемы электрические принципиальные, функциональные и структурные. Этапы жизненного цикла и уровни конструктивной иерархии (входимости) электронных средств. Признаки системности конструкции. Структура и конструкция светоизлучающих и лазерных диодов. Лазерные диоды с двойным гетеропереходом.

### Примерное содержание вопросов к рейтинг-контролю №2

Виды технологических процессов изготовления изделий по организации и методам выполнения. Виды производства - единичный, серийный, массовый. Технологические процессы межсоединений - объемный и плоскостной монтаж; технология печатного монтажа; световоды; волоконно-оптические линии связи. Печатные платы. Разновидности плат по технологии изготовления, конструкции и назначению. Основные требования к элементам печатного монтажа и трассировке. Правила оформления чертежа печатной платы. Особенности установки электрорадиоэлементов и устройств функциональной электроники на печатные платы. Правила оформления сборочных чертежей изделий на печатных платах. Субблоки, блоки и ячейки современной микросистемной аппаратуры. Лучевые методы формообразования деталей и упрочняюще-чистовой обработки. Технология изготовления линеек и матриц лазерных диодов.

### Примерное содержание вопросов к рейтинг-контролю №3

Уровни проектирования интегральных устройств - логический, схемотехнический, системотехнический, электрический, физический, топологический, программный. Системы охлаждения электронных средств;

особенности применения средств естественной и принудительной вентиляции. Проектирование вибропрочных ячеек электронных средств. Методы увеличения жесткости конструкции и снижения амплитуды виброколебаний. Виброизоляция (амортизация) электронных средств. Характеристики виброизоляторов и принципы их действия. Экранирование электрического и магнитного поля. Конструкции электрических и магнитных экранов. Виды помех и паразитных связей в электронных средствах, искажение сигналов, требования к линиям связи. Индуктивные и кондуктивные паразитные связи элементов печатного монтажа. Методы влагозащиты и герметизации электронных средств. Технологичность конструкторских решений как свойство изделий оптоэлектроники; экономические, качественные и количественные показатели конструктивного совершенства – системы коэффициентов и требований. Комплексный показатель технологичности конструкций; метод экспертных оценок.

#### **Примерное содержание курсовой работы**

Целью курсовой работы является приобретение студентами навыков решения прикладных задач, связанных с умением анализировать нормативно-технические документы, техническое задание на проектирование, условия эксплуатации, исходные данные, схему электрическую принципиальную и определять эффективные методы проектирования электронных средств.

Темой курсовых работ является разработка конструкции наноэлектронных устройств или модулей электронных средств, электрическая принципиальная схема которых характеризуется функциональной завершенностью и умеренной сложностью. Студент вправе самостоятельно избирать интересующее его направление развития конструкций электронных средств, основываясь на данных интернет-ресурса, специализированных источников информации, научно-технических изданий и документов. В курсовой работе необходимо обосновать следующие решения:

1. Разработка технического задания в соответствии с требованиями нормативно-технической документации.
2. Анализ условий эксплуатации и схемы электрической принципиальной электронного средства.
3. Обоснование и выбор современной элементной базы реализации электронного средства.
4. Компоновка элементов модуля на печатной плате и трассировка коммуникационных оснований.
5. Расчет элементов печатного монтажа
6. Оформление чертежа схемы электрической принципиальной и чертежа печатной платы.
7. Разработка эскизов элементов несущих конструкций и/или чертежей.
8. Оформление сборочного чертежа модуля и спецификации.
9. Оформление пояснительной записки.

#### **Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (экзамен).**

##### **Контрольные вопросы**

1. Структура и назначение электронных средств. Типовая структура средств фотоники и оптроники.
2. Поколения и составные части электронных средств.
3. Этапы жизненного цикла электронных средств.
4. Пути совершенствования электронных средств, основополагающих параметров и характеристик. Определяющие факторы развития конструкций, методы конструирования.
5. Признаки системности конструкции электронных средств. Уровни входимости конструкции.
6. Функционально-узловой, каскадно-узловой, схемно-узловой и моносхемный методы конструирования электронных средств. Роль и задачи конструктора при проектировании ячеек, блоков, стоек и устройств.
7. Компоновка электронных средств, определяющие факторы. Методы компоновки и критерии оптимальности.
8. Исходные данные процесса конструирования электронных средств. Схема электрическая принципиальная, функциональная и структурная.
9. Соотношение понятий проектирование и конструирование электронных средств. Задачи, цели и техническое задание на проектирование. Средства проектирования.
10. Технологичность конструкции электронных средств. Качественные и количественные показатели технологичности. Комплексный показатель оценки технологичности.
11. Коммуникационные основания в виде печатных и интегральных плат. Разновидности плат по технологии изготовления, конструкции и назначению. Особенности конструкций по классам точности и плотности. Многослойные печатные платы.
12. Основные требования к проектированию печатного монтажа, особенности трассировки и расчета элементов печатного монтажа.
13. Основные требования к установке ЭРЭ и УФЭ на печатные платы. Особенности оформления чертежа печатной платы и сборочных чертежей ЭС на печатных платах.
14. Пульты управления и лицевые панели электронных средств. Основные требования компоновки. Способы нанесения надписей и шкал на лицевых панелях.
15. Основные способы охлаждения электронных средств. Законы охлаждения и классификации теплоотводов.

16. Методы интенсификации локального охлаждения электронных средств. Элементы локального охлаждения и особенности их проектирования. Тепловые трубки.

17. Общие системы охлаждения электронных средств. Особенности проектирования естественной и принудительной вентиляции ЭС. Схемы компоновок стоек управления.

18. Внешние механические воздействия на ЭС: вибрации и удары. Их характеристики и влияние на элементы конструкции и компоненты. Конструкторские способы уменьшения упругой и пластической деформации элементов.

19. Проектирование вибропрочных ячеек электронных средств. Конструктивные методы увеличения жесткости и уменьшения амплитуд колебаний при вибрациях. Виброизоляция (амортизация) электронных средств. Основные характеристики виброизоляторов и принципы их действия.

20. Электромагнитная совместимость электронных средств. Источники и приемники помех, виды паразитных связей и наводок. Экранирование электрического и магнитного полей. Электрические и магнитные экраны.

21. Экранирование проводов и кабелей электронных средств. Особенности конструирования и монтажа помехонесущих и чувствительных к помехе электрических цепей. Перекрестные помехи в элементах электрического монтажа. Виды помех и паразитных связей, искажение сигнала, требования к линиям связи.

22. Емкостные связи элементов печатного монтажа. Взаимоиндуктивные, индуктивные и кондуктивные паразитные связи элементов печатного монтажа.

23. Основные требования к проектированию печатных проводников сигнальных цепей. Разновидности конструкции и особенности исполнения шин питания и заземления.

24. Воздействие атмосферных осадков и влажности на электронные средства. Общие методы влагозащиты. Герметизация электронных средств. Проектирование разъемных уплотнительных соединений.

25. Особенности герметизации корпусов с подвижными и вращаемыми элементами управления. Элементы электрических соединений для неразъемного и разъемного внешнего электрического монтажа.

#### **Виды самостоятельной работы обучающихся, порядок их выполнения и контроля**

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Проектирование электронных средств в наноэлектронике» включает в себя следующие виды деятельности:

- 1) систематическое изучение учебного материала по конспектам лекций, по учебной и научной литературе;
- 2) изучение методических указаний и подготовка к практическим и лабораторным занятиям;
- 3) выполнение технического задания на курсовую работу;
- 4) подготовка эссе (статьи) по индивидуальному заданию темы самостоятельного исследования;
- 5) подготовка к текущему контролю знаний и промежуточной аттестации.

#### **Темы эссе (статей) для самостоятельной работы студентов**

История развития конструкций электронных средств. Функционально-узловой (модульный) метод конструирования электронных средств. Классификация электронных средств по условиям эксплуатации. Схема электрическая принципиальная и функциональная. Технологичность конструкции электронных средств. Разновидности печатных плат по технологии изготовления. Трассировка и расчет элементов печатного монтажа. Требования к установке электрорадиоэлементов и устройств функциональной электроники на печатные платы. Разновидности конструкций блоков электронных средств. Разновидности конструкций ячеек электронных средств. Пульты управления и лицевые панели электронных средств. Методы интенсификации локального охлаждения электронных средств. Общие системы охлаждения электронных средств: особенности проектирования средств естественной и принудительной вентиляции. Вибрации, удары и их влияние на элементы электронных средств. Конструктивные методы увеличения жесткости и снижения амплитуды колебаний вибропрочных ячеек электронных средств при вибрациях. Источники помех и приемники помех, виды паразитных связей и наводок в электронных средствах. Экранирование электрического и магнитного поля. Электрические и магнитные экраны. Экранирование проводов и кабелей электронных средств. Емкостные связи печатного монтажа. Основные требования при проектировании печатных проводников сигнальных цепей. Разновидности конструкции и особенности проектирования цепей питания и элементов заземления в электронных средствах. Воздействие атмосферных осадков, влажности на электронных средств. Общие методы влагозащиты. Герметизация электронных средств в разъемных корпусах. Проектирование разъемных уплотнительных соединений.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
<b>Основная литература</b>			
1. Шеин, А. Б. Методы проектирования электронных устройств [Электронный ресурс] / А. Б. Шеин, Н. М. Лазарева. — Электрон. текстовые данные. — М.: Инфра-Инженерия, 2013. — 456 с.	2013		<a href="http://www.iprbookshop.ru/13540">http://www.iprbookshop.ru/13540</a>
2. Муромцев, Д. Ю. Конструирование узлов и устройств электронных средств [Электронный ресурс]: учебное пособие / Д. Ю. Муромцев, И. В. Тюрин, О. А. Белоусов. - Ростов н/Д: Феникс, 2013. - 540 с. : ил.	2013		<a href="http://www.iprbookshop.ru/6495">http://www.iprbookshop.ru/6495</a>
3. Юзова, В. А. Основы проектирования электронных средств. Конструирование электронных модулей первого структурного уровня [Электронный ресурс] / В. А. Юзова. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. - 208 с.	2012		<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785222209943.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785222209943.html</a>
<b>Дополнительная литература</b>			
1 Головицына, М. В. Проектирование радиоэлектронных средств на основе современных информационных технологий [Электронный ресурс]: учебное пособие / М. В. Головицына - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2011. — 503 с.	2011		<a href="http://www.iprbookshop.ru/22439">http://www.iprbookshop.ru/22439</a>
2. Панков, Л. Н. Основы проектирования электронных средств [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Л. Н. Панков, В. Р. Асланянц, Г. Ф. Долгов, В. В. Евграфов; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2007. – 260 с.	2007		<a href="http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/1124/3/00537.pdf">http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/1124/3/00537.pdf</a>
3. Певницкий, С. Ю. Разработка печатных плат в NI Ultiboard [Электронный ресурс]. - М.: ДМК Пресс, 2012. - 256 с.	2011		<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785940747895.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785940747895.html</a>

### 7.2. Периодические издания

1. Проектирование и технология электронных средств. ISSN 2071-9809.
2. Динамика сложных систем – XXI век. ISSN 1999-7493.
3. Радиотехнические и телекоммуникационные системы. ISSN 2221-2574.

### 7.3. Интернет-ресурсы

1. AltiumDesigner, SolidWorks, MultiSim – комплексная система автоматизированного проектирования электронных средств;
2. КОМПАС-3D – семейство систем автоматизированного проектирования с возможностями оформления проектной и конструкторской документации согласно стандартам серии ЕСКД и СПДС.

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий практического/лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Практические/лабораторные занятия проводятся в лабораториях физики и компьютерных классах прикладной математики Института прикладной математики, физики и информатики ВлГУ.

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения:

- 1) MS Word;
- 2) MS PowerPoint;
- 3) MS Visual Studio;
- 4) КОМПАС-3D.



Рабочую программу составил Давыдов Н.Н. \_\_\_\_\_  
(ФИО, подпись)

Рецензент  
(представитель работодателя) Ген.директор ООО «ВладИнТех» Осипов А.В. \_\_\_\_\_  
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры \_\_\_\_\_  
ФиПМ \_\_\_\_\_

Протокол № 1 от 31.08.2020 года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(ФИО, подпись) Аракелян С.М.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Протокол № 1 от 31.08.2020 года  
Председатель комиссии \_\_\_\_\_  
(ФИО, подпись) Аракелян С.М.

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_