

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 23

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

доц., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)

Е.В. Силяков

(инициалы, фамилия)

(подпись)

«25» февраля 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	11.05.01
Наименование направления подготовки/ специальности	Радиоэлектронные системы и комплексы
Наименование направленности/ специализации	Радиоэлектронные системы передачи информации
Форма обучения	очная
Год приема	2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

проф., д.т.н., проф.

(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

А.Н. Михайлов

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 23

«16» февраля 2026 г, протокол №7/26

Заведующий кафедрой № 23

д.т.н., проф.

(уч. степень, звание)

(подпись, дата)

А.Р. Бестугин

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №2 по методической работе

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

Н.В. Марковская

(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств» входит в образовательную программу высшего образования – программу специалитета по направлению подготовки/ специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» направленности/специализации «Радиоэлектронные системы передачи информации». Дисциплина реализуется кафедрой «№23».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ОПК-1 «Способен представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики»

ОПК-2 «Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения»

ОПК-3 «Способен к логическому мышлению, обобщению, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения, освоению работы на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения различных научно-технических задач в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий»

ОПК-5 «Способен выполнять опытно-конструкторские работы с учетом требований нормативных документов в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с конструкторско-технологическим проектированием РЭС и технологической подготовкой производства

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа студента.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена (6 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины является формирование конструкторско-технологической подготовки студентов для выполнения системотехнического и схемотехнического проектирования с реализацией на базе реальных конструкторско-технологических решений.

1.2. Дисциплина входит в состав обязательной части образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-1 Способен представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	ОПК-1.В.1 владеть навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-2 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения	ОПК-2.3.1 знать профильные разделы математических и естественнонаучных дисциплин ОПК-2.В.1 владеть навыками решения профессиональных задач с применением соответствующего физико-математического аппарата
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-3 Способен к логическому мышлению, обобщению, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их	ОПК-3.3.1 знать методы решения задач анализа и расчета характеристик радиоэлектронных систем и устройств с применением современных средств измерения и проектирования ОПК-3.У.1 уметь подготавливать научные публикации на основе результатов исследований ОПК-3.В.1 владеть навыками

	достижения, освоению работы на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения различных научно-технических задач в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий	использования методов решения задач анализа и расчета характеристик радиоэлектронных систем и устройств
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-5 Способен выполнять опытно-конструкторские работы с учетом требований нормативных документов в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-5.3.1 знать основные методы проектирования, исследования и эксплуатации специальных радиотехнических систем ОПК-5.У.1 уметь применять информационные технологии и информационно-вычислительные системы для решения научно-исследовательских и проектных задач радиоэлектроники ОПК-5.В.1 владеть навыками решения научно-исследовательских и проектных задач с учетом требований нормативных документов в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Введение в направление»;
- «Основы теории точности и методы взаимозаменяемости»;
- «Технология конструкционных материалов»
- «Элементная база и БНК ЭС»;
- «Технология производства ЭС»;
- «Физико-химические основы технологии ЭС»;
- «Технологии сборки и монтажа ЭС»;
- «Основы конструирования ЭС».

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и могут использоваться при изучении других дисциплин:

- «Выполнение выпускных квалификационных работ бакалавров»;
- «Изучение дисциплин по программе магистерской подготовки».

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№6
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	4/ 144	4/ 144
Из них часов практической подготовки		
Аудиторные занятия, всего час.	68	68
в том числе:		
лекции (Л), (час)	34	34
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	34	34
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	36	36
Самостоятельная работа, всего (час)	40	40
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз.	Экз.

Примечание: ** кандидатский экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 6					
Раздел 1. Этапы «проектирование – производство» жизненного цикла изделий. Конструктивные уровни РЭС	2				2
Раздел 2. Методологические основы конструирования и технологического проектирования РЭС	2				2
Раздел 3. .Разработка требований к конструкциям РЭС. Задачи формирования и обеспечения надежности	6		4		
Раздел 4. Системы базовых несущих конструкций. Конструирование типовых деталей, узлов и устройств РЭС	4		6		4
Раздел 5. Компонировка модулей и блоков РЭС. Конструирование высших структурных уровней РЭС	4		6		6
Раздел 6. Теплофизическое конструирование РЭС	6		4		6

Раздел 7. Защита конструкций РЭС от внешних воздействий	4		6		6
Раздел 8. Оценка качества конструирования РЭС	2		4		6
Раздел 9. Анализ стандартов ЕСКД, Конструкторская документация и правила её оформления.	1		4		2
Раздел 10. Нормативно-методические основы процесса технологического проектирования на этапе подготовки производства. Сведения из ЕСКД, ЕСТД и ЕСТПП по задачам подготовки производства	1				2
Раздел 11. Типовые задачи процесса подготовки производства конструкций РЭС	1				2
Раздел 12. Характеристика современного производства РЭС. Требования и условия реализации технологических процессов.	1				2
Итого в семестре:	34		34		40
Итого	34	0	34	0	40

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	Раздел 1. Этапы «проектирование – производство» жизненного цикла изделий. Конструктивные уровни РЭС Тема 1.1 - Понятия и определения стадий и этапов жизненного цикла (ЖЦ) изделий. Задачи и содержание дисциплины. Научные основы процессов проектирования. Термины и определения в области конструирования и технологического проектирования. Тема 1.2 - Характеристика процесса создания нового изделия. Техническое задание на проектирование. Содержание этапов проектирования изделия. Опытно-конструкторская работа (ОКР), содержание работ. Тема 1.3 – Иерархия конструктивных уровней. Модульная структура конструкций. Понятие входимости и разукрупнения конструкции. Формулировки и содержание задач конструирования на конструктивных уровнях.
2	Раздел 2. Методологические основы конструирования и технологического проектирования РЭС Тема 2.1 – Методы конструирования. Системный подход к разработке конструкции. Факторы, определяющие конструкторское решение. Содержание процесса сквозного конструкторско-технологического проектирования. Тема 2.2 - Задачи анализа и синтеза конструкции. Структурный и параметрический синтез конструкции. Тема 2.3 - Соотношение алгоритмического и эвристического труда при конструировании. База данных и база знаний конструктора РЭС. Эвристические методы и процедуры, применяемые при разработке конструкции.
3	Раздел 3. .Разработка требований к конструкциям РЭС. Задачи формирования и обеспечения надежности Тема 3.1 – Структура ТЗ на разработку конструкции. Формирование технических требований и ограничений. Требования к конструкции по назначению аппаратуры.

	Общий перечень требований по назначению. Тема 3.2 – Задание параметров на условия эксплуатации. Климатическое исполнение. Категории размещения конструкций РЭС. Тема 3.3 – Свойства и показатели надежности конструкций РЭС. Формирование надежности при проектировании РЭС. Задачи обеспечения надежности при изготовлении. Задачи поддержания и восстановления надежности при эксплуатации РЭС.
4	Раздел 4. Системы базовых несущих конструкций. Конструирование типовых деталей, узлов и устройств РЭС Тема 4.1 – Базовые стандартизованные методики ОКР. Понятие систем базовых несущих конструкций. Отечественные и международные стандарты на базовые несущие конструкции. Тема 4.2 - Требование унификации при конструировании. Методические принципы унификации на различных конструктивных уровнях. Тема 4.3 - Принципы выбора материала конструкционных деталей. Дерево поиска рационального решения при выборе материала. Тема 4.4 - Выбор сборочных соединений для корпусных деталей. Тема 4.5 - Выбор покрытий для деталей несущих конструкций и корпусов РЭС. Тема 4.6 - Конструирование печатных плат и электронных модулей РЭС. Типы конструкций печатных плат. Критерии выбора типа конструкции печатной платы. Дерево поиска рационального типа конструкции печатной платы и типового технологического процесса изготовления. Критерии выбора материала основания печатной платы. Перспективные материалы для монтажных оснований. Методы конструирования печатных плат. Методики решения типовых задач конструирования печатных плат и электронных модулей с применением современного программного обеспечения. Тема 4.7 - Конструирование электронных узлов с применением компонентов и технологии поверхностного монтажа. Требования по размещению и установке компонентов при поверхностном монтаже. Конструирование модулей со встроенным монтажом. Тема 4.8 – Конструкции микромодулей. Конструирование пленочных элементов модулей РЭС. Конструирование гибридно-интегральных модулей на элементной базе функциональной микроэлектроники.
5	Раздел 5. Компонировка модулей и блоков РЭС. Конструирование высших структурных уровней РЭС Тема 5.1 - Критерии выбора рациональной конструкции корпуса для наземных и бортовых РЭС. Дерево поиска рационального варианта конструктивно-компоновочного решения и соответствующего варианта БНК. Тема 5.2 - Компонировка блока и расчет компоновочных характеристик. Методы компоновки аппаратуры РЭС. Тема 5.3 - Выбор варианта конструкции шкафа и стойки. Конструирование пультов аппаратуры РЭС на базе унифицированных конструкций. Тема 5.4 - Перспективные направления развития конструкций РЭС и прогнозирующая оценка аппаратуры следующих поколений.
6	Раздел 6. Теплофизическое конструирование РЭС. Тема 6.1 - Тепловой режим аппаратуры РЭС. Теплообмен кондуктивный, конвективный и лучеиспусканием. Типовые конструкторские решения по обеспечению заданного теплового режима аппаратуры. Тема 6.2 - Типовые конструкции теплоотводов для различных конструктивных уровней РЭС и их применение. Тема 6.3 - Обеспечение теплового режима микроузлов, микросборок и расчет характеристик. Тема 6.4 - Обеспечение теплового режима на поверхности электронного модуля. Методика расчета теплового режима в объеме конструкции. Тема 6.5 – Методы охлаждения аппаратуры. Расчет охлаждения при естественной конвекции внутри перфорированного и герметичного кожухов. Методики расчета

	принудительных способов охлаждения. Системы охлаждения на тепловых трубах. Тема 6.6 - Алгоритм моделирования теплового режима аппаратуры РЭС при конструировании.
7	Раздел 7. Защита конструкций РЭС от внешних воздействий. Тема 7.1 - Виброустойчивость и вибропрочность конструкции РЭС. Частота собственных колебаний элементов конструкции и методика расчета. Ударопрочность конструкции. Защита конструкции РЭС от ударов. Тема 7.2 - Защита конструкций бортовых РЭС от совместного действия различных механических нагрузок. Тема 7.3 - Определение амплитуды колебаний в момент резонанса. Выбор системы амортизации конструкции РЭС. Типовые конструкторские решения по амортизации бортовой аппаратуры. Выбор конструкции амортизаторов и расчет схемы установки. Тема 7.4 - Климатические факторы и их воздействие на наземную и бортовую аппаратуру. Защита конструкций аппаратуры РЭС от климатических воздействий. Тема 7.5 - Виды прочих внешних факторов и их воздействие на бортовую аппаратуру РЭС; способы защиты. Тема 7.6 – Электромагнитная совместимость конструкции. Конструкторско-технологическая характеристика способов экранирования и герметизации.
8	Раздел 8. Оценка качества конструирования РЭС Тема 8.1 - Показатели качества конструкции РЭС. Показатели назначения. Показатели уровней миниатюризации и интеграции конструкции. Технологичность конструкции и показатели технологичности. Показатели уровней стандартизации и унификации. Тема 8.2 - Выбор показателей для оценки надежности конструкции. Методики расчета показателей надежности конструкции РЭС. Тема 8.3 - Методики расчета и анализа показателей качества конструкции РЭС.
9	Раздел 9. Анализ стандартов ЕСКД, Конструкторская документация и правила её оформления. Тема 9.1 - Стандартизация в процессах конструирования и технологического проектирования. Основная нормативная документация на конструирование. Структура системы стандартов ЕСКД. Тема 9.2 – Правила оформления конструкторских чертежей и спецификаций. Чертежи детализовочные, сборочные, общего вида, габаритные. Спецификации конструкторских чертежей. Тема 9.3 – Электронные конструкторские документы, правила выполнения.
10	Раздел 10. Нормативно-методические основы процесса технологического проектирования на этапе подготовки производства. Сведения из ЕСКД, ЕСТД и ЕСТПП по задачам подготовки производства Тема 10.1 – Системотехнологическое проектирование. Система стандартов ЕСТПП, структура и назначение. Технологическая документация и система стандартов ЕСТД. Тема 10.2 – Опытное производство. Опытный образец. Установочная партия. Анализ готовности конструкции РЭС к постановке на производство. Пути сокращения времени на освоение конструкции в производстве.
11	Раздел 11. Типовые задачи процесса подготовки производства конструкций РЭС Тема 11.1 – Задачи и виды работ по технологической подготовке производства РЭС. Тема 11.2 – Типовые задачи технологического проектирования при подготовке производства и освоении изделия. Тема 11.3.- Информационная поддержка процессов технологического проектирования и изготовления изделия. Основные положения концепции CALS/ИПИ. Задача создания единой информационной среды предприятия. Системы, решающие задачи CALS/ИПИ. Методология представления и обмена данными в ИПИ-технологиях. Управление процессами PDM системой.
12	Раздел 12. Характеристика современного производства РЭС. Требования и условия реализации технологических процессов. Тема 12.1 - Организационно-технологические структуры организаций и предприятий. Характеристика проектно-производственной организации. Интегрированные

	производственные системы (ИПС). Быстротворность и гибкость как основные цели создания ИПС. Автоматизация технологических процессов на принципах гибкой технологии. Тема 12.2 - Структура интегрированной автоматизированной производственной системы. Области рационального применения автоматизированных производственных систем и комплексов. Качество функционирования производственной системы.
--	---

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено					
Всего					

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 6				
1	1. Цикл ЛР по конструированию модулей РЭС на основе печатных плат	2		4
2	2. Цикл ЛР по конструированию микромодулей	2		4
3	3. Цикл работ по исследованию теплового режима РЭС и ее элементов	4		6
4	4. Цикл работ по исследованию механической устойчивости РЭС	4		7
5	5. Цикл работ по исследованию показателей надежности РЭС	4		3
6	6. Исследование показателей восстановления и готовности РЭС	2		3
7	7. Исследование и оценка технологичности конструкции модуля РЭС	4		11
8	8. Исследование и расчет показателей качества конструкции РЭС	4		8
9	9. Исследование операций входного контроля комплектации	2		11
10	10. Исследование технологической системы с применением имитационного моделирования	2		10-12
11	11. Определение оптимального размера партии изделий, запускаемых в	2		10-12

	производств			
12	12. Построение и исследование моделей процессов по методике IDEF0	2		10-12
Всего		34		

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы
Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся
Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 6, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	4	4
Курсовое проектирование (КП, КР)	4	4
Расчетно-графические задания (РГЗ)	4	4
Выполнение реферата (Р)	4	4
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	6	6
Домашнее задание (ДЗ)	4	4
Контрольные работы заочников (КРЗ)	4	4
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	10	10
Всего:	40	40

5. Перечень учебно-методического обеспечения
для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. разделов 6-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий
Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.
Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
<u>Библиотека ГУАП</u>	Бестугин А.Р., Киришина И.А., Ян С.И., Техническая документация конструирования и производства. Учебное пособие / ГУАП. СПб., 2023 . 149 с.:	
https://e.lanbook.com/book/160080	Саликова, Е. В. Проектирование	

Режим доступа: для авторизованных пользователей.	электронных устройств в системе Delta Design. Оформление конструкторской документации : учебное пособие / Е. В. Саликова. — Кострома : КГУ, 2020. — 99 с. — ISBN 978-5-8285-1065-8.	
https://e.lanbook.com/book/515095 Режим доступа: для авторизованных пользователей.	Ивлев, А. Н. Инженерная компьютерная графика : учебник для СПО / А. Н. Ивлев, О. В. Терновская. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2026. — 260 с. — ISBN 978-5-507-55011-1.	

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
https://pro.guap.ru/	Элементы электронного курса по дисциплине ¹ размещены <u>внутри ЭИОС ГУАП «Интегрированная среда обучения»</u>

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
1	Электронная информационно-образовательная среда ГУАП «Интегрированная среда обучения» (https://pro.guap.ru/) разработана сотрудниками ГУАП (введена в эксплуатацию приказом ГУАП от 06.06.2017 № 05-215/17), перечень модулей и их функциональное назначение изложены по ссылке https://guap.ru/it/system/iso
2	Официальный сайт образовательной организации в сети «Интернет» (https://guap.ru/), разработан сотрудниками ГУАП (введен в эксплуатацию Приказом ГУАП от 23.03.2023 № 05-145/23)
3	LibreOffice 5 (Лицензия LGPLv3)
4	Microsoft Office 2019 (договор ГУАП, информация о лицензии представлена по ссылке https://guap.ru/it/system/iso/po)

¹ Разработчик может перечислить конкретные элементы электронного курса, например: задания для подготовки к занятиям, методические рекомендации для самостоятельной подготовки, учебно-методические материалы по темам, мультимедийные презентации по темам, извлечения из нормативно-правовых актов и т.п.

5	MozillaFirefox(лицензии GPL/LGPL/MPL)
---	---------------------------------------

8.2. Перечень информационно-справочных систем,используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
1	Электронный каталог библиотеки ГУАП с доступом к базе полнотекстовых изданий (https://lib.quap.ru/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП
2	Научная электронная библиотека «eLIBRARY» (https://elibrary.ru/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
3	ЭБС «Лань» (https://e.lanbook.com/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
4	ЭБС Консорциума аэрокосмических вузов России (http://elsau.ru/suai), доступ по IP-адресам ГУАП
5	ЭБС Znanium (https://znanium.ru/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
6	образовательная платформа «Юрайт» (https://urait.ru/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
7	Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» (https://cyberleninka.ru/), свободный доступ

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Мультимедийная лекционная аудитория	14-06Г (ул. Большая Морская, д.67, лит. А)
2	Класс для групповых дискуссий	51-06-03 (ул. Большая Морская, д.67, лит. А)
3	Помещение для самостоятельной работы обучающихся - Читальный зал библиотеки ГУАП: специализированная мебель; персональные компьютеры – 10 шт., обеспечен доступ в электронную информационно-образовательную среду ГУАП по локальной вычислительной сети и точке доступа WiFi, а также к электронно-библиотечным системам, реферативной базе данных Scopus; копировальный аппарат Kyocera KM2035.	22-19 (ул. Большая Морская, д.67, лит. А)

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Экзаменационные билеты.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий.
«удовлетворительно» «зачтено»	– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	– обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
1	Понятия и определения стадий и этапов жизненного цикла (ЖЦ) изделий	ОПК-1.В.1
2	Характеристика процесса создания нового изделия	ОПК-2.3.1
3	Техническое задание на проектирование	ОПК-2.В.1
4	Содержание этапов проектирования изделия	ОПК-3.3.1
5	Опытно-конструкторская работа (ОКР), содержание работ	ОПК-3.В.1
6	Иерархия конструктивных уровней. Модульная структура конструкций	ОПК-5.3.1
7	Формулировки и содержание задач конструирования на конструктивных уровнях	ОПК-5.У.1
8	Методы конструирования	ОПК-1.В.1
9	Системный подход к разработке конструкции	ОПК-2.3.1
10	Факторы, определяющие конструкторское решение	ОПК-2.В.1
11	Содержание процесса сквозного конструкторско-технологического проектирования	ОПК-3.3.1
12	Задачи анализа и синтеза конструкции	ОПК-3.В.1
13	Структурный и параметрический синтез конструкции	ОПК-5.3.1
14	Соотношение алгоритмического и эвристического труда при конструировании	ОПК-5.У.1
15	База данных и база знаний конструктора РЭС	ОПК-1.В.1
16	Эвристические методы и процедуры, применяемые при разработке конструкции	ОПК-2.3.1
17	Структура ТЗ на разработку конструкции	ОПК-2.В.1
18	Формирование технических требований и ограничений	ОПК-3.3.1
19	Требования к конструкции по назначению аппаратуры. Общий перечень требований по назначению	ОПК-3.В.1
20	Задание параметров на условия эксплуатации	ОПК-5.3.1
21	Климатическое исполнение. Категории размещения конструкций РЭС	ОПК-5.У.1
22	Свойства и показатели надежности конструкций РЭС	ОПК-1.В.1
23	Формирование надежности при проектировании РЭС	ОПК-2.3.1
24	Задачи обеспечения надежности при изготовлении	ОПК-2.В.1
25	Задачи поддержания и восстановления надежности при эксплуатации РЭС	ОПК-3.3.1
26	Понятие систем базовых несущих конструкций. Отечественные и международные стандарты на базовые несущие конструкции	ОПК-3.В.1
27	Требование унификации при конструировании. Методические принципы унификации на различных конструктивных уровнях	ОПК-5.3.1
28	Принципы выбора материала конструкционных деталей. Дерево поиска рационального решения при выборе материала	ОПК-5.У.1
29	Критерии выбора материала основания печатной платы	ОПК-1.В.1
30	Перспективные материалы для монтажных оснований	ОПК-2.3.1
31	Методы конструирования печатных плат	ОПК-2.В.1
32	Методики решения типовых задач конструирования печатных плат и электронных модулей с применением современного программного обеспечения	ОПК-3.3.1
33	Конструирование электронных узлов с применением компонентов и технологии поверхностного монтажа	ОПК-3.В.1
34	Требования по размещению и установке компонентов при поверхностном монтаже	ОПК-5.3.1
35	Конструирование модулей со встроенным монтажом	ОПК-5.У.1

36	Конструкции микромодулей. Конструирование пленочных элементов модулей РЭС	ОПК-1.В.1
37	Конструирование гибридно-интегральных модулей на элементной базе функциональной микроэлектроники	ОПК-2.3.1
38	Критерии выбора рациональной конструкции корпуса для наземных и бортовых РЭС	ОПК-2.В.1
39	Дерево поиска рационального варианта конструктивно-компоновочного решения и соответствующего варианта БНК	ОПК-3.3.1
40	Компоновка блока и расчет компоновочных характеристик	ОПК-3.В.1
41	Методы компоновки аппаратуры РЭС	ОПК-5.3.1
42	Выбор варианта конструкции шкафа и стойки	ОПК-5.У.1
43	Конструирование пультов аппаратуры РЭС на базе унифицированных конструкций	ОПК-1.В.1
44	Перспективные направления развития конструкций РЭС и прогнозирующая оценка аппаратуры следующих поколений	ОПК-2.3.1
45	Тепловой режим аппаратуры РЭС	ОПК-2.В.1
46	Теплообмен кондуктивный, конвективный и лучеиспусканием	ОПК-3.3.1
47	Типовые конструкторские решения по обеспечению заданного теплового режима аппаратуры	ОПК-3.В.1
48	Типовые конструкции теплоотводов для различных конструктивных уровней РЭС и их применение	ОПК-5.3.1
49	Обеспечение теплового режима микроузлов, микросборок и расчет характеристик	ОПК-5.У.1
50	Обеспечение теплового режима на поверхности электронного модуля	ОПК-1.В.1
51	Методика расчета теплового режима в объеме конструкции	ОПК-2.3.1
52	Методы охлаждения аппаратуры	ОПК-2.В.1
53	Расчет охлаждения при естественной конвекции внутри перфорированного и герметичного кожухов. Методики расчета принудительных способов охлаждения	ОПК-3.3.1
54	Системы охлаждения на тепловых трубах	ОПК-3.В.1
55	Алгоритм моделирования теплового режима аппаратуры РЭС при конструировании	ОПК-5.3.1
56	Виброустойчивость и вибропрочность конструкции РЭС	ОПК-5.У.1
57	Частота собственных колебаний элементов конструкции и методика расчета	ОПК-1.В.1
58	Ударопрочность конструкции. Защита конструкции РЭС от ударов	ОПК-2.3.1
59	Защита конструкций бортовых РЭС от совместного действия различных механических нагрузок	ОПК-2.В.1
60	Определение амплитуды колебаний в момент резонанса	ОПК-3.3.1
61	Выбор системы амортизации конструкции РЭС	ОПК-3.В.1
62	Типовые конструкторские решения по амортизации бортовой аппаратуры	ОПК-5.3.1
63	Выбор конструкции амортизаторов и расчет схемы установки	ОПК-5.У.1
64	Климатические факторы и их воздействие на наземную и бортовую аппаратуру	ОПК-1.В.1
65	Защита конструкций аппаратуры РЭС от климатических воздействий	ОПК-2.3.1
66	Виды прочих внешних факторов и их воздействие на бортовую аппаратуру РЭС; способы защиты	ОПК-2.В.1
67	Электромагнитная совместимость конструкции	ОПК-3.3.1
68	Конструкторско-технологическая характеристика способов экранирования и герметизации	ОПК-3.В.1
69	Показатели качества конструкции РЭС	ОПК-5.3.1
70	Показатели назначения	ОПК-5.У.1
71	Показатели уровней миниатюризации и интеграции конструкции	ОПК-1.В.1
72	Технологичность конструкции и показатели технологичности	ОПК-2.3.1

73	Показатели уровней стандартизации и унификации	ОПК-2.В.1
74	Выбор показателей для оценки надежности конструкции. Методики расчета показателей надежности конструкции РЭС	ОПК-3.3.1
74	Методики расчета и анализа показателей качества конструкции РЭС	ОПК-3.В.1
75	Стандартизация в процессах конструирования и технологического проектирования	ОПК-5.3.1
76	Основная нормативная документация на конструирование	ОПК-5.У.1
77	Правила оформления конструкторских чертежей и спецификаций	ОПК-1.В.1
78	Чертежи детализовочные, сборочные, общего вида, габаритные	ОПК-2.3.1
79	Спецификации конструкторских чертежей	ОПК-2.В.1
80	Электронные конструкторские документы, правила выполнения	ОПК-3.3.1
81	Системотехнологическое проектирование. Система стандартов ЕСТПП, структура и назначение	ОПК-3.В.1
82	Технологическая документация и система стандартов ЕСТД	ОПК-5.3.1
83	Опытное производство. Опытный образец. Установочная партия	ОПК-5.У.1
84	Анализ готовности конструкции РЭС к постановке на производство	ОПК-1.В.1
85	Пути сокращения времени на освоение конструкции в производстве	ОПК-2.3.1
85	Задачи и виды работ по технологической подготовке производства РЭС	ОПК-2.В.1

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
1	Инструкция. Прочитайте задание и дайте свой развернутый вариант ответа. Сформулируйте назначение входного контроля продукции, поступающей на предприятие.	ОПК-1.В.1
2	Инструкция. Прочитайте задание и дайте свой развернутый вариант ответа с обоснованием. Обоснуйте необходимость входного контроля материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий и сопроводительной документации при производстве радиоэлектронных средств.	ОПК-1.В.1

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
3	Инструкция. Прочитайте задание и выберите один правильный ответ. В каких единицах измеряется электрическое сопротивление? А) Фарадах В) Омах С) Герцах D) Амперах	ОПК-2.3.1
4	Инструкция. Прочитайте задание и выберите один или несколько правильных ответов. Какие признаки используются при классификации технических видов контроля? А) По степени механизации и автоматизации В) По влиянию на объект контроля С) По применению средств контроля D) По этапу процесса производства Е) По цвету корпуса изделия	ОПК-2.3.1
5	Инструкция. Прочитайте задание и дайте свой развернутый вариант ответа. Сформулируйте назначение операционного контроля при изготовлении и ремонте деталей и сборочных единиц.	ОПК-2.В.1
6	Инструкция. Прочитайте задание и дайте свой развернутый вариант ответа с обоснованием. Обоснуйте необходимость операционного контроля в технологическом процессе производства радиоэлектронных средств и поясните, как его результаты влияют на качество готового изделия.	ОПК-2.В.1
7	Инструкция. Прочитайте задание и выберите один правильный ответ. В каких единицах измеряется электрическое напряжение? А) Вольтах В) Омах С) Герцах D) Амперах	ОПК-3.3.1
8	Инструкция. Прочитайте задание и выберите один или несколько правильных ответов. Какие признаки используются при классификации организационно-технологических видов контроля? А) По стадии создания и существования продукции В) По этапу процесса производства С) По месту в технологическом процессе D) По виду управляющих воздействий Е) По цвету маркировки изделия	ОПК-3.3.1
9	Инструкция. Прочитайте задание и дайте свой развернутый вариант ответа. Сформулируйте назначение приемочного контроля радиоэлектронных изделий.	ОПК-3.В.1

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
10	Инструкция. Прочитайте задание и дайте свой развернутый вариант ответа с обоснованием. Обоснуйте необходимость приемочного контроля комплектности, упаковки, консервации, пригодности к транспортированию и использованию радиоэлектронных изделий.	ОПК-3.В.1
11	Инструкция. Прочитайте задание и выберите один правильный ответ. В каких единицах измеряется сила электрического тока? А) Фарадах В) Омах С) Герцах D) Амперах	ОПК-5.3.1
12	Инструкция. Прочитайте задание и выберите один или несколько правильных ответов. Какие признаки относятся к классификации надежностных видов контроля? А) По виду решаемых задач В) По кратности контроля С) По полноте охвата D) По влиянию на объект контроля Е) По внешнему виду упаковки	ОПК-5.3.1
13	Инструкция. Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции в левом столбце подберите соответствующую позицию в правом столбце. Установите соответствие между измеряемой величиной и прибором: А) Измерение тока 1) Ваттметр В) Измерение мощности 2) Амперметр С) Измерение формы сигнала 3) Осциллограф Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами: А ____ Б ____ В ____	ОПК-5.У.1
14	Инструкция. Прочитайте задание и расположите варианты ответа в правильной последовательности. Расположите этапы выборочного контроля продукции в правильной последовательности: А) Отбор необходимого количества продукции из партии случайным образом В) Проверка качества каждого образца из выборки С) Определение количества годных изделий в выборке D) Определение годности партии продукции по установленному критерию качества	ОПК-5.У.1

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Учебным планом не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала *(если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах

Учебным планом не предусмотрено

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Учебным планом не предусмотрено

11.4. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Задание и требования к проведению лабораторных работ

Задание на лабораторную работу выдается в виде определенного файла на электронном носителе, в котором указываются требования к проведению лабораторной работы.

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчет о лабораторной работе оформляется в виде последовательности отчетов по каждому пункту лабораторной работы. В конце каждого пункта делается вывод.

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Отчет о лабораторной работе должен быть выполнен на бумажном носителе с выделением каждого пункта лабораторной работы.

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению курсового проектирования/выполнения курсовой работы.

Учебным планом не предусмотрено

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся, являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

11.7. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

11.8. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

12. Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой

13.