

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., доц.
(должность, уч. степень, звание)

В.А. Ненашев
(инициалы, фамилия)

(подпись)
«25» февраля 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Нanomатериалы и наноструктуры электронных средств»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	11.04.03
Наименование направления подготовки/ специальности	Конструирование и технология электронных средств
Наименование направленности/ специализации	Проектирование и технология аэрокосмических приборов и электронных средств
Форма обучения	очная
Год приема	2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доц., к.т.н., доц.
(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

О.М. Филонов
(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 «Наноматериалы и наноструктуры электронных средств» входит в образовательную программу высшего образования – программу магистратуры по направлению подготовки/ специальности 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств» направленности/специализации «Проектирование и технология аэрокосмических приборов и электронных средств». Дисциплина реализуется кафедрой «№23».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-1 «Способен формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электронных средств и технологических процессов, а также смежных областей науки и техники, способность обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач»

ПК-2 «Способен разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования, искусственного интеллекта и обеспечивать их программную реализацию»

ПК-15 «Способен планировать и управлять производственными процессами при изготовлении изделий "система в корпусе"»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с проектированием и производством микроэлектромеханических систем (МЭМС) и их компонентов – микроэлектромеханических датчиков и исполнительных устройств

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося, курсовое проектирование.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена (3 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Наноматериалы и наноструктуры электронных средств» является формирование углубленной подготовки студентов направления «Конструирование и технология электронных средств». Основными задачами изучения дисциплины является получение студентами теоретических знаний и практических навыков по базовым технологиям и типовым конструкциям микросистемной техники (МСТ), наноматериалам и нанотехнологиям.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, 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
Профессиональные компетенции	ПК-1 Способен формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электронных средств и технологических процессов, а также смежных областей науки и техники, способность обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач	ПК-1.3.1 знать принципы построения и функционирования электронных средств и технологических процессов ПК-1.У.1 уметь рассчитывать режимы работы электронных средств ПК-1.В.1 владеть навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследований
Профессиональные компетенции	ПК-2 Способен разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных	ПК-2.3.1 знать методы разработки интеллектуальных алгоритмов решения научно-исследовательских задач ПК-2.У.1 уметь использовать алгоритмы решения исследовательских задач с использованием современных языков программирования, в том числе алгоритмы с использованием искусственного интеллекта

	языков программирования, искусственного интеллекта и обеспечивать их программную реализацию	ПК-2.В.1 владеть навыками разработки стратегии и методологии исследования конструкций электронных средств и технологических процессов
Профессиональные компетенции	ПК-15 Способен планировать и управлять производственными процессами при изготовлении изделий "система в корпусе"	ПК-15.3.1 знать технологию изготовления изделий "система в корпусе" ПК-15.3.2 знать основы экономики и организации производства изделий микро- и нанoeлектроники ПК-15.У.1 уметь разрабатывать планы и планы-графики реализации эффективного производства изделий "система в корпусе" ПК-15.В.1 владеть навыками организовывать работу сотрудников, задействованных в производстве изделий "система в корпусе"

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- «Материалы и компоненты электронных средств»,
- «Физико-химические основы технологии электронных средств»,
- «Физические основы микроэлектроники»,
- «Технология производства ЭС».

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

- «Технологии микросистемной техники».

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
		№3
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	3/ 108	3/ 108
Из них часов практической подготовки	34	34
Аудиторные занятия, всего час.	51	51
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
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)	21	21
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Экз.,	Экз.,

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 3					
Раздел 1. Классификация и принципы построения средств микросистемной техники	1		4		1
Раздел 2. Материалы, применяемые для производства МЭМС	1		4		2
Раздел 3. Особенности проектирования МЭМС	1		4		1
Раздел 4. Технологический синтез МЭМС	2		2		2
Раздел 5. Типовые и перспективные конструкции МЭМС	2		2		1
Раздел 6. Типовые технологические операции в производстве МЭМС	2		4		2
Раздел 7. Конструирование и расчет элементов МЭМС, основанных на различных технологиях	2		2		1
Раздел 8. Перспективные технологии производства МЭМС	1		2		2
Раздел 9. Нанотехнология. Наноструктуры и наноматериалы	1		2		1
Раздел 10. Самосборка и катализ наноструктур	1		2		2
Раздел 11. Механические и электрические свойства наноматериалов	1		2		2
Раздел 12. Наноэлектромеханические системы	1		2		2
Раздел 13. Методы исследования наноструктур	1		2		2
Итого в семестре:	17		34		21
Итого	17	0	34	0	21

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
Раздел 1.	Классификация и принципы построения средств микросистемной техники. История развития микросистемной техники. Микроэлектромеханические системы – современный этап технической эволюции твердотельной микроэлектроники. Классификация МЭМС. Планарные и объемные микроконструкции и основные принципы их построения и изготовления. Перспективные направления развития средств микросистемотехники

Раздел 2.	Материалы, применяемые для производства устройств МЭМС. Характеристика основных материалов, применяемых для изготовления изделий МЭМС. Конструкционные материалы изделий МЭМС: кремний, металлы, керамика, стекла, полимеры.
Раздел 3.	Особенности проектирования устройств МЭМС. Основные элементы конструкций МЭМС. Проектирование консолей, мембран, мостов – элементов МЭМС. Взаимосвязь между планарными принципами проектирования МЭМС и планарной технологией их изготовления.
Раздел 4.	Технологический синтез устройств МЭМС. Исходные условия синтеза. Объемные технологии. Поверхностные технологии. LIGA – технология.
Раздел 5.	Типовые и перспективные конструкции устройств МЭМС. Датчики давления. Датчики линейных ускорений. Датчики абсолютных угловых скоростей. Датчики химического состава. Микрохроматографы. Биосенсоры и экспресс-анализаторы.
Раздел 6.	Типовые технологические операции в производстве устройств МЭМС. Операции очистки поверхности подложек. Осаждение пассивирующих диэлектрических пленок (SiO_2 , Si_3N_4). Осаждение металлических и ферромагнитных пленок. Литографические операции. «Жидкостное» и «сухое» травление. Сборка МЭМС.
Раздел 7.	Конструирование и расчет элементов устройств МЭМС, основанных на различных технологиях. Конструкции, основанные на кремниевой технологии. Конструирование и методы расчета кремниевых подвижных микромеханических систем и микрогироскопов на поверхностных акустических волнах (ПАВ). Конструирование и метод расчета кремниевых акселерометров. Анализ и подход к конструированию и расчету МЭМС на основе тензорезистивных полупроводниковых структур. Конструирование и расчет МЭМС, основанных на пьезоэлектрических принципах. Конструирование и расчет пьезоэлектрических мембран, предназначенных для работы на объемных акустических волнах (ОАВ). Конструирование и расчет резонаторов и линий задержки на ПАВ.
Раздел 8.	Перспективные технологии производства устройств МЭМС. Технология SI MOX. Технология Hex SiL. Технология SCREAM. Технология EFAB. Технология ELTRAN
Раздел 9.	Нанотехнология. Наноструктуры и наноматериалы. Нанотехнология как основное направление развития высоких технологий. Основные направления научных

	исследований и практические применения нанотехнологий. Нанокластеры металлов и полупроводников. Газовые молекулярные кластеры. Углеродные наноструктуры и нанотрубки. Объемные наноструктурированные материалы. Разупорядоченные структуры и нанокристаллы. Кристаллы из металлических наночастиц.
Раздел 10.	Самосборка и катализ наноструктур. Процессы самосборки. Полупроводниковые островковые структуры и монослои. Катализ наноструктур. Пористые материалы, коллоиды.
Раздел 11.	Механические и электрические свойства наноматериалов
Раздел 12.	Наноэлектромеханические системы. Наномашины и наноприборы. Методы синтеза наноустройств.
Раздел 13.	Методы исследования наноструктур. Исследования с применением атомного силового микроскопа. Возможности сканирующего туннельного микроскопа и направления исследований.

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 3				
1	Исследование моделей сканирующей зондовой микроскопии	7	2	2
2	Исследование поверхности твердых тел методом сканирующей туннельной микроскопии	7	2	2
3	Исследование процессов на модели сканирующей туннельной микроскопии	7	2	2
4	Исследование процессов на модели атомно-силовой микроскопии	7	2	2

5	Исследование процессов на модели ближнепольной оптической микроскопии	6	2	2
Всего		34		

4.5. Выполнение курсового проекта/ 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 3, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	7	7
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	7	7
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	7	7
Всего:	21	21

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</u> <u>ГУАП</u> 629.7(ЛИАП) П22	Конструирование и технология измерительно-вычислительных комплексов летательных аппаратов [Текст] : учебное пособие / В. П. Пашков, Я. А. Поповская, О. М. Филонов. - СПб. : Изд-во ЛИАП, 1991. - 100 с.	20
<u>Библиотека</u>	Конструирование и технология изготовления	44

<u>ГУАП</u> 621.396.6(075) В67	радиоэлектронной аппаратуры [Текст] : учебник / Н. Ф. Воллернер. - Киев : Вища шк., 1970. - 363 с.	
<u>Библиотека</u> <u>ГУАП</u> 621.396 П28	Конструирование радиоэлектронной аппаратуры : Основные проблемы и современное состояние [Текст] / В. Б. Пестряков. - М. : Сов. радио, 1969. - 208 с.	32
<u>Библиотека</u> <u>ГУАП</u> 621.38 Б90	Булычев А.Л. Электронные приборы. – М.: Лайт, 2000. – 416 с.	4
<u>Библиотека</u> <u>ГУАП</u> 681.2 (ГУАП) Л25	Ларин В.П., Шелест Д.К. Конструирование и производство типовых приборов и устройств: Учеб. пособие для вузов / СПбГУАП. СПб. 2005. – 300 экз.	300

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*; Задачи; Тесты.

Примечание: *экзаменационные билеты формируются на основе вопросов и задач таблицы 15.

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 связывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 90% до 100% тестовых заданий**.
«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. – правильно выполнил от 70% до 89% тестовых заданий**.
«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. – правильно выполнил от 51% до 69% тестовых заданий**.
«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;

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
	– не формулирует выводов и обобщений. – правильно выполнил менее 51% тестовых заданий**.

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	Классификация методов изготовления МЭМС	ПК-1.3.1
2	Типы механических датчиков	ПК-1.У.1
3	Термовакuumное напыление	ПК-1.В.1
4	Монтаж кремниевых компонентов методом сплавления)	ПК-2.3.1
5	Процессы фотолитографии в технологии электронной аппаратуры и МСТ	ПК-2.У.1
6	Материалы для микрообработки	ПК-2.В.1
7	Формирование тонких пленок из оксида кремния методом термоокисления	ПК-15.3.1
8	Осаждение диоксида и нитрида кремния	ПК-15.3.2
9	Термокомпрессионная микросварка	ПК-15.У.1
10	Тепловые датчики (термомеханические, терморезистивные, термопары)	ПК-15.В.1
11	Материалы, используемые в микросистемах	ПК-1.3.1
12	Поверхностная микрообработка	ПК-1.У.1
13	Выращивание кристаллов по методу Чохральского	ПК-1.В.1
14	Механические преобразователи (пьезорезистивные, пьезоэлектрические, емкостные и резонансные)	ПК-2.3.1
15	Основные этапы технологического процесса изготовления полупроводниковых подложек	ПК-2.У.1
16	Механические приводы (электростатические и пьезоэлектрические)	ПК-2.В.1
17	Полупроводники в технологии МСТ	ПК-15.3.1
18	Преобразователи (датчики) излучений (от фотодиодов до пирометров)	ПК-15.3.2
19	Методы осаждения тонких пленок из SiO ₂	ПК-15.У.1
20	Классификация методов изготовления МЭМС устройств	ПК-15.В.1
21	Упаковка МЭМС устройств в металлические корпуса	ПК-1.3.1
22	Средства измерения параметров окружающей среды, основные типы датчиков	ПК-1.У.1
23	Применение емкостных приводов в МСТ	ПК-1.В.1
24	Осаждение поликристаллического кремния	ПК-2.3.1
25	Метод анодного соединения	ПК-2.У.1
26	Плазменное химическое травление (ПХТ)	ПК-2.В.1
27	Схема установки для осаждения тонких пленок из SiO ₂ и Si ₃ N ₄ (химическое осаждение из газовой фазы при низком давлении)	ПК-15.3.1
28	Типы микроструктур, входящих в состав МЭМС	ПК-15.3.2
29	Сварка давлением СКИН	ПК-15.У.1

30	Технология объемной микрообработки	ПК-15.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 выполнения курсового проекта/ курсовой работы представлены в таблице 17.

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

№ п/п	Примерный перечень тем для выполнения курсового проекта/ 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 выберите один правильный ответ. Какой фактор необходимо учитывать при формулировке целей научного исследования в области электронных средств? А) Современные тенденции и перспективы развития технологий В) Личный интерес исследователя С) Количество сотрудников в лаборатории D) Стоимость аренды производственных помещений	ПК-1.3.1
2	Инструкция. Прочитайте задание и выберите один или несколько правильных ответов. Какие аспекты необходимо учитывать при выборе методов исследования электронных средств? А) Доступность оборудования и инструментов В) Соответствие методов целям исследования С) Точность и воспроизводимость измерений D) Логотип компании-разработчика исследуемого устройства	ПК-1.3.1
3	Инструкция. Прочитайте задание и расположите варианты ответа в правильной последовательности. Расположите этапы научного исследования в правильной последовательности: А) Анализ тенденций и определение научной проблемы В) Формулировка целей и задач исследования С) Выбор методов и средств проведения исследований D) Проведение экспериментов и анализ полученных данных	ПК-1.У.1
4	Инструкция. Прочитайте задание и дайте свой развернутый вариант ответа. Опишите порядок выбора и применения методов исследования при решении научно-технической задачи в области электронных средств.	ПК-1.У.1
5	Инструкция. Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции в левом столбце подберите соответствующую позицию в правом столбце. Установите соответствие между методами научного исследования и их назначением:	ПК-1.В.1

	A) Теоретический анализ — 1) Определение ключевых закономерностей на основе литературных источников B) Экспериментальные методы — 2) Проверка гипотез с помощью реальных испытаний C) Моделирование процессов — 3) Создание математических и компьютерных моделей Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами.	
6	Инструкция. Прочитайте задание и дайте свой развернутый вариант ответа. Обоснуйте выбор методов исследования для оценки характеристик электронного средства или технологического процесса.	ПК-1.B.1
7	Инструкция. Прочитайте задание и выберите один правильный ответ. Какой из перечисленных языков программирования чаще всего используется для разработки алгоритмов искусственного интеллекта? A) Python B) HTML C) SQL D) Bash	ПК-2.3.1
8	Инструкция. Прочитайте задание и выберите один или несколько правильных ответов. Какие подходы могут применяться при разработке алгоритмов искусственного интеллекта? A) Машинное обучение B) Глубокое обучение C) Генетические алгоритмы D) Ручное форматирование документации	ПК-2.3.1
9	Инструкция. Прочитайте задание и расположите варианты ответа в правильной последовательности. Расположите этапы разработки алгоритма с использованием искусственного интеллекта в правильной последовательности: A) Формулирование задачи и определение входных данных B) Выбор модели и методов обучения C) Реализация алгоритма на языке программирования D) Тестирование и оптимизация модели	ПК-2.Y.1
10	Инструкция. Прочитайте задание и дайте свой развернутый вариант ответа. Опишите порядок разработки и программной реализации алгоритма решения инженерной задачи с использованием технологий искусственного интеллекта.	ПК-2.Y.1
11	Инструкция. Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции в левом столбце подберите соответствующую позицию в правом столбце. Установите соответствие между методами разработки алгоритмов и их применением: A) Глубокое обучение — 1) Используется для обработки изображений и речи B) Генетические алгоритмы — 2) Применяются для оптимизации сложных задач C) Машинное обучение — 3) Анализирует большие объемы данных и строит прогнозные модели Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами.	ПК-2.B.1
12	Инструкция. Прочитайте задание и дайте свой развернутый вариант ответа. Обоснуйте выбор языка программирования и метода искусственного интеллекта для реализации заданного алгоритма.	ПК-2.B.1

13	Инструкция. Прочитайте задание и выберите один правильный ответ. Какой основной фактор необходимо учитывать при планировании производства изделий «система в корпусе»? А) Оптимизация технологического процесса для повышения надежности изделия В) Уменьшение количества сотрудников на производстве С) Выбор наиболее дешевых материалов Д) Сокращение времени сборки без учета качества	ПК-15.3.1
14	Инструкция. Прочитайте задание и выберите один или несколько правильных ответов. Какие задачи входят в процесс управления производством изделий «система в корпусе»? А) Оптимизация сборочных процессов В) Контроль качества выпускаемой продукции С) Организация своевременного обеспечения комплектующими Д) Разработка маркетинговой стратегии для конечного продукта	ПК-15.3.1
15	Инструкция. Прочитайте задание и выберите один правильный ответ. Какой этап производства изделия «система в корпусе» непосредственно предназначен для проверки его работоспособности перед передачей заказчику? А) Подготовка компонентов и оснастки В) Монтаж и сборка электронных модулей С) Финальные испытания Д) Документирование производственного процесса	ПК-15.3.2
16	Инструкция. Прочитайте задание и выберите один или несколько правильных ответов. Какие этапы входят в типовой производственный процесс изготовления изделия «система в корпусе»? А) Подготовка компонентов и оснастки В) Монтаж и сборка электронных модулей С) Контроль качества и испытания Д) Документирование и передача в серийное производство Е) Исключение входного контроля комплектующих	ПК-15.3.2
17	Инструкция. Прочитайте задание и расположите варианты ответа в правильной последовательности. Расположите этапы производства изделий «система в корпусе» в правильной последовательности: А) Подготовка компонентов и оснастки В) Монтаж и сборка электронных модулей С) Контроль качества и испытания готового изделия Д) Документирование и передача в серийное производство	ПК-15.У.1
18	Инструкция. Прочитайте задание и дайте свой развернутый вариант ответа. Опишите порядок планирования производственного процесса изготовления изделия «система в корпусе» с учетом обеспечения комплектующими, сборки и контроля качества.	ПК-15.У.1
19	Инструкция. Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции в левом столбце подберите соответствующую позицию в правом столбце. Установите соответствие между этапами производственного процесса и их назначением: А) Подготовка материалов — 1) Проверка комплектующих перед началом сборки В) Сборка изделия — 2) Установка и соединение компонентов в	ПК-15.В.1

	соответствии с конструкторской документацией С) Финальные испытания — 3) Проверка работоспособности изделия перед поставкой заказчику Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами.	
20	Инструкция. Прочитайте задание и дайте свой развернутый вариант ответа. Обоснуйте выбор методов контроля и организации производственного процесса при изготовлении изделия «система в корпусе».	ПК-15.В.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
	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

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.

Структура предоставления лекционного материала:

- тематические лекции по разделам курса;

- демонстрация слайдов;
- контрольные вопросы к разделам курса.

Лекционные материалы имеются в изданном виде, в виде электронных ресурсов библиотеки ГУАП.

11.2. 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

Лабораторные работы выполняются в лаборатории на лабораторных установках с заполнением протокола измерений.

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе включает обязательные пункты, представленные в методических указаниях.

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Требования к оформлению отчета представлены в методических указаниях

Методические указания изданы в виде электронных ресурсов библиотеки ГУАП

11.3. 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).

11.4. 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.

При проведении текущего контроля успеваемости используются контрольные тестовые вопросы, представленные в методических указаниях по прохождению текущего контроля успеваемости. Результаты текущего контроля оцениваются и учитываются при проведении промежуточной аттестации.

11.5. 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».

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