

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

Кафедра конструирования и технологий электронных и лазерных средств (№23)

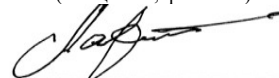
УТВЕРЖДАЮ
Руководитель направления

проф., д.т.н., проф.

(должность, уч. степень, звание)

В.П. Ларин

(инициалы, фамилия)



(подпись)

«23» июня 2021 г

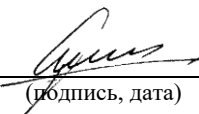
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Конструирование и технология устройств МСТ»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	12.03.01
Наименование направления подготовки/ специальности	Приборостроение
Наименование направленности	Технология аэрокосмического приборостроения
Форма обучения	очная

Лист согласования рабочей программы дисциплины


Программу составил (а)

<u>ДОЦ., К.Т.Н., ДОЦ.</u> (должность, уч. степень, звание)	<u></u> (подпись, дата) 20.06.21	<u>О.М. Филонов</u> (инициалы, фамилия)
---	---	--

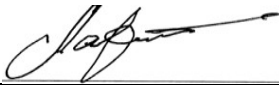
Программа одобрена на заседании кафедры № 23

«17» мая 2021 г, протокол № 9/21

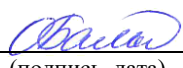
Заведующий кафедрой № 23

<u>д.т.н., проф.</u> (уч. степень, звание)	<u></u> (подпись, дата) 20.06.21	<u>А.Р. Бестугин</u> (инициалы, фамилия)
---	---	---

Ответственный за ОП ВО 12.03.01(02)

<u>проф., д.т.н., проф.</u> (должность, уч. степень, звание)	<u></u> (подпись, дата) 20.06.21	<u>В.П. Ларин</u> (инициалы, фамилия)
---	---	--

Заместитель директора института №2 по методической работе

<u>ДОЦ., К.Т.Н., ДОЦ.</u> (должность, уч. степень, звание)	<u></u> (подпись, дата) 20.06.21	<u>О.Л. Балышева</u> (инициалы, фамилия)
---	---	---

Аннотация

Дисциплина «Конструирование и технология устройств МСТ» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 12.03.01 «Приборостроение» направленности «Технология аэрокосмического приборостроения». Дисциплина реализуется кафедрой «№23».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

УК-2 «Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений»

ПК-2 «Способен рассчитывать и проектировать элементы и устройства приборов, основанные на различных физических принципах действия с использованием стандартных средств компьютерного проектирования»

ПК-3 «Способен строить простейшие физические и математические модели схем, конструкций и технологических процессов в области приборостроения»

ПК-7 «Способен решать задачи технологического проектирования и участвовать в технологической подготовке производства приборов различного назначения и принципа действия»

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.

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 «Конструирование и технология устройств МСТ» 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
Универсальные компетенции	УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.У.1 уметь проводить анализ поставленной цели и формулировать задачи, которые необходимо решить для ее достижения
Профессиональные компетенции	ПК-2 Способен рассчитывать и проектировать элементы и устройства приборов, основанные на различных физических принципах действия с использованием стандартных средств компьютерного проектирования	ПК-2.У.1 умеет проектировать элементы и устройства приборов, основанные на различных физических принципах действия ПК-2.У.2 умеет проектировать типовые детали и узлы с использованием стандартных средств программного обеспечения ПК-2.В.1 владеет навыками проведения проектных расчетов и технико-экономического обоснования конструкций приборов в соответствии с техническим заданием
Профессиональные компетенции	ПК-3 Способен строить простейшие	ПК-3.З.1 знает принципы построения простейших физических и математических моделей схем, конструкций и

	физические и математические модели схем, конструкций и технологических процессов в области приборостроения	технологических процессов в области приборостроения ПК-3.У.1 умеет определять условия и режимы эксплуатации, конструктивные особенности разрабатываемой аппаратуры
Профессиональные компетенции	ПК-7 Способен решать задачи технологического проектирования и участвовать в технологической подготовке производства приборов различного назначения и принципа действия	ПК-7.У.2 умеет осуществлять разработку и корректировку технологической и нормативной документации на изготовление изделий приборостроительного производства ПК-7.В.1 владеет навыками разработки технологических процессов и документации на изготовление, сборку, юстировку и контроль изделий приборостроительного производства

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

«Материалы и компоненты электронных средств»,

«Физик- 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
		№б
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	4/ 144	4/ 144
Из них часов практической подготовки	12	12
Аудиторные занятия, всего час.	51	51
в том числе:		

лекции (Л), (час)	34	34
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	17	17
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	54	54
Самостоятельная работа , всего (час)	39	39
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)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 6					
Раздел 1. Классификация и принципы построения средств микросистемной техники	4		2		3
Раздел 2. Материалы, применяемые для производства МЭМС	3		2		3
Раздел 3. Особенности проектирования МЭМС	3		2		3
Раздел 4. Технологический синтез МЭМС	3		1		3
Раздел 5. Типовые и перспективные конструкции МЭМС	3		1		3
Раздел 6. Типовые технологические операции в производстве МЭМС	3		2		3
Раздел 7. Конструирование и расчет элементов МЭМС, основанных на различных технологиях	3		1		3
Раздел 8. Перспективные технологии производства МЭМС	2		1		3
Раздел 9. Нанотехнология. Наноструктуры и наноматериалы	2		1		3
Раздел 10. Самосборка и катализ наноструктур	2		1		3
Раздел 11. Механические и электрические свойства наноматериалов	2		1		3
Раздел 12. Нанoeлектромеханические системы	2		1		3
Раздел 13. Методы исследования наноструктур	2		1		3
Итого в семестре:	34		17		39
Итого	34	0	17	0	39

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 ₃ N 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 ремниевых 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)	№ раздела дисциплины
Семестр 6			
1	Исследование резонатора на ПАВ	2	3,5
2	Исследование датчика давления на ПАВ	3	3,5,7
3	Исследование датчика ускорения на ПАВ	3	3,5,7
4	Исследование акселерометра балочной конструкции	3	3,5,7
5	Исследование химических сенсоров	3	3,5,7
6	Исследование процессов «жидкостного» и «сухого» травления	3	6
Всего		17	

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)		
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)		
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)		
Всего:	39	39

5. Перечень учебно-методического обеспечения
для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

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)
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
621.396.6(075) В67	Конструирование и технология изготовления радиоэлектронной аппаратуры [Текст] : учебник / Н. Ф. Воллернер. - Киев : Вища шк., 1970. - 363 с.	44
621.396 П28	Конструирование радиоэлектронной аппаратуры :Основные проблемы и современное состояние [Текст] / В. Б.Пестряков. - М. : Сов. радио, 1969. - 208 с.	32
621.38 Б90	Булычев А.Л. Электронные приборы. – М.: Лайт, 2000. – 416 с.	4
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
-----------	--------------

http://lib.aanet.ru/	Доступ в ЭБС «Лань» осуществляется по договору № 27, №28 от 27.01.2021
	Доступ в ЭБС «ZNANIUM» осуществляется по договору № 071 от 24.02.2021
	Доступ в ЭБС «ЮРАЙТ» осуществляется по договору № 070 от 24.02.2021

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
	Не предусмотрено

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
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	13-07 (БМ)

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.

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	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – 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»	<ul style="list-style-type: none"> – 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»	<ul style="list-style-type: none"> – 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»	<ul style="list-style-type: none"> – 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	Классификация методов изготовления МЭМС	ПК-3.3.1
2	Типы механических датчиков	ПК-3.3.1
3	Термовакuumное напыление	ПК-7.В.1
4	Монтаж кремниевых компонентов методом сплавления)	ПК-7.В.1
5	Процессы фотолитографии в технологии электронной аппаратуры и МСТ	ПК-3.3.1
6	Материалы для микрообработки	ПК-3.3.1
7	Формирование тонких пленок из оксида кремния методом термоокисления	ПК-7.В.1

8	Осаждение диоксида и нитрида кремния	ПК-7.В.1
9	Термокомпрессионная микросварка	ПК-7.В.1
10	Тепловые датчики (термомеханические, терморезистивные, термопары)	ПК-7.В.1
11	Материалы, используемые в микросистемах	ПК-3.3.1
12	Поверхностная микрообработка	ПК-7.В.1
13	Выращивание кристаллов по методу Чохральского	ПК-3.3.1
14	Механические преобразователи (пьезорезистивные, пьезоэлектрические, емкостные и резонансные)	ПК-7.В.1
15	Основные этапы технологического процесса изготовления полупроводниковых подложек	ПК-7.В.1
16	Механические приводы (электростатические и пьезоэлектрические)	ПК-3.3.1
17	Полупроводники в технологии МСТ	ПК-7.В.1
18	Преобразователи (датчики) излучений (от фотодиодов до пирометров)	ПК-3.3.1
19	Методы осаждения тонких пленок из SiO ₂	ПК-7.В.1
20	Классификация методов изготовления МЭМС устройств	ПК-3.3.1
21	Упаковка МЭМС устройств в металлические корпуса	ПК-7.В.1
22	Средства измерения параметров окружающей среды, основные типы датчиков	ПК-3.3.1
23	Применение емкостных приводов в МСТ	ПК-3.3.1
24	Осаждение поликристаллического кремния	ПК-7.В.1
25	Метод анодного соединения	ПК-7.В.1
26	Плазменное химическое травление (ПХТ)	ПК-7.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-3.3.1
28	Типы микроструктур, входящих в состав МЭМС	ПК-3.3.1
29	Сварка давлением СКИН	ПК-7.В.1
30	Технология объемной микрообработки	ПК-7.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	Особенности конструкции МЭМС.	ПК-3.3.1
2	Материалы, применяемые в конструкции МЭМС.	ПК-3.3.1
3	Объемная технология синтеза МЭМС.	ПК-3.3.1
4	Поверхностная технология синтеза МЭМС.	ПК-3.3.1
5	Основные технологические операции, применяемые в производстве МЭМС.	ПК-3.3.1
6	Основные термические операции, применяемые в производстве МЭМС.	ПК-3.3.1
7	Виды литографии, применяемые в производстве МЭМС.	ПК-3.3.1
8	Основные виды резисторов, применяемые в производстве МЭМС.	ПК-3.3.1
9	Виды фотолитографии.	ПК-3.3.1
10	Электронная литография.	ПК-7.В.1
11	Ионная литография.	ПК-7.В.1
12	Рентгеновская литография.	ПК-7.В.1
13	Иммерсионная литография.	ПК-7.В.1
14	Лазерная литография.	ПК-7.В.1
15	Основные технологические операции формообразования, применяемые в объемной технологии МЭМС.	ПК-7.В.1
16	Основные технологические операции формообразования, применяемые в поверхностной технологии МЭМС.	ПК-7.В.1
17	Специфические сборочные операции, применяемые в технологии МЭМС.	ПК-7.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
(Ниже приводятся рекомендации по составлению данного раздела)

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.

Структура предоставления лекционного материала:

- _____;
- _____;
- ...

Если методические указания по освоению лекционного материала имеются в изданном виде, в виде электронных ресурсов библиотеки ГУАП, системы LMS, кафедры и т.д., необходимо дать на них ссылку или привести URL адрес.

11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах *(если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*

Основной целью для обучающегося является систематизация и обобщение знаний по изучаемой теме, разделу, формирование умения работать с дополнительными источниками информации, сопоставлять и сравнивать точки зрения, конспектировать прочитанное, высказывать свою точку зрения и т.п. В соответствии с ведущей дидактической целью содержанием семинарских занятий являются узловые, наиболее трудные для понимания и усвоения темы, разделы дисциплины. Спецификой данной формы занятий является совместная работа преподавателя и обучающегося над решением поставленной проблемы, а поиск верного ответа строится на основе чередования индивидуальной и коллективной деятельности.

При подготовке к семинарскому занятию по теме прослушанной лекции необходимо ознакомиться с планом его проведения, с литературой и научными публикациями по теме семинара.

Требования к проведению семинаров

Обязательно для заполнения преподавателем

Если методические указания по участию в семинарах имеются в изданном виде, в виде электронных ресурсов библиотеки ГУАП, системы LMS, кафедры и т.д., необходимо дать на них ссылку или привести URL адрес.

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий *(если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимися практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Требования к проведению практических занятий

Обязательно для заполнения преподавателем

Если методические указания по прохождению практических занятий имеются в изданном виде, в виде электронных ресурсов библиотеки ГУАП, системы LMS, кафедры и т.д., необходимо дать на них ссылку или привести URL адрес.

11.4. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ *(если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*

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

Обязательно для заполнения преподавателем

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Обязательно для заполнения преподавателем

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Обязательно для заполнения преподавателем

Если методические указания по прохождению лабораторных работ имеются в изданном виде, в виде электронных ресурсов библиотеки ГУАП, системы LMS, кафедры и т.д., необходимо дать на них ссылку или привести URL адрес.

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению курсового проектирования/выполнения курсовой работы *(если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*

Курсовой проект/ работа проводится с целью формирования у обучающихся опыта комплексного решения конкретных задач профессиональной деятельности.

Курсовой проект/ работа позволяет обучающемуся:

Структура пояснительной записки курсового проекта/ работы

Обязательно для заполнения преподавателем

Требования к оформлению пояснительной записки курсового проекта/ работы

Обязательно для заполнения преподавателем

Если методические указания по курсовому проектированию/ выполнению курсовой работы имеются в изданном виде, в виде электронных ресурсов библиотеки ГУАП, системы LMS, кафедры и т.д., необходимо дать на них ссылку или привести URL адрес.

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).

Если методические указания по прохождению самостоятельной работы имеются в изданном виде, в виде электронных ресурсов библиотеки ГУАП, системы LMS, кафедры и т.д., необходимо дать на них ссылку или привести URL адрес.

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.

Обязательно для заполнения преподавателем: указываются требования и методы проведения текущего контроля успеваемости, а также как результаты текущего контроля успеваемости будут учитываться при проведении промежуточной аттестации.

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».

– зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

– дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Обязательно для заполнения преподавателем: указываются требования и методы проведения промежуточной аттестации.

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